MINERALOGIE

Chemismus und optische Orientierung kalifeldspathaltiger Plagioklase.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn.

Von

Agnes Engels

aus Düsseldorf.

Bonn 1937

Buchdruckerei Beyer & Hausknecht K.-G., Bielefeld

Berichterstatter: Professor Dr. K. Chudoba.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dem Andenken meines lieben Vaters!

Meiner lieben Mutter!

Inhaltsübersicht

	Seite
I. Einleitung	1
1. Geschichtliche Entwicklung	1
2. Zielsetzung	2
3. Arbeitsmethode	3
a) Chemische Untersuchung	3
b) Optische Untersuchung	3
II. Experimentelle Untersuchungen an Plagioklasen	5
1. Albit von Rischuna, Schweiz	5
2. Albitoligoklas von Monteagle Township, Ontario	14
3. Oligoklas von Monteagle Valley, Hastings County, Ontario	18
4. Andesin von Nishishiadamura, Shinano, Japan	21
5. Labrador von Tamatave, Madagaskar	24
6. Labradorbytownit der Crystal Bay, Minnesota	28
7. Anorthit vom Vesuv	31
III. Erörterung der Meßergebnisse	36
IV. Zusammenfassung	40
V. Schrifttumverzeichnis	43

Vorliegende Arbeit wurde im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bonn auf Anregung und unter Leitung von Herrn Professor Dr. K. Chudoba durchgeführt.

Meinem sehr verehrten Lehrer möchte ich auch an dieser Stelle für das große Interesse, das er meiner Arbeit entgegenbrachte, für das stets bereite Wohlwollen, mit dem er sie förderte, sowie für seine zahlreichen wertvollen Ratschläge meinen aufrichtigsten Dank aussprechen.

I. EINLEITUNG.

1. Geschichtliche Entwicklung.

Die deskriptive Erforschung der heute als Plagioklase bezeichneten triklinen Feldspäte hat im 19. Jahrhundert zur Aufstellung mehrerer verschiedener Glieder geführt, die durch die Bezeichnungen Albit, Oligoklas, Andesin, Labrador, Bytownit und Anorthit im wesentlichen abgegrenzt wurden. Erst G. Tschermak (25) ist 1865 der Beweis der isomorphen Mischungsreihe der Plagioklase mit den beiden Endgliedern Albit (Ab) einerseits und Anorthit (An) andererseits gelungen, welchen er unter anderem auf Grund der stetigen Änderung der spezifischen Gewichte in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis darlegen konnte. Andere Forscher fanden, daß auch die Schmelzpunkte und die kristallographischen Konstanten eine gesetzmäßige Änderung in Abhängigkeit vom Chemismus erfahren, während M. Schuster (23) in seiner klassischen Arbeit „Über die optische Orientierung der Plagioklase" 1880 nachwies, daß die optischen Eigenschaften eine kontinuierliche Funktion der chemischen Zusammensetzung darstellen. Mit einer vorher unerreichten Genauigkeit gelang es ihm, die Auslöschungsschiefen auf den Spaltflächen nach P (001) und M (010), die Orientierung der Achsenebenen, die optischen Achsen selbst und die Dispersion der verschiedenen Plagioklastypen zu bestimmen. Damit war die Möglichkeit und die Grundlage gegeben, aus der Optik eines Plagioklases auf seine chemische Zusammensetzung zu schließen.

Die Abweichungen der experimentell ermittelten optischen Konstanten der Mischungsglieder von denjenigen der theoretischen Berechnungen nach E. Mallard (16), F. Pockels (20) und A. Michel-Levy (18) führte man auf Beobachtungsfehler zurück, bis F. Becke (1) in seiner grundlegenden Abhandlung „Die optischen Eigenschaften der Plagioklase" zeigte, daß die Abweichungen größer sind als die möglichen Beobachtungsfehler und auch größer als die der theoretischen Werte untereinander, so daß die aufgestellten Theorien nur in ganz groben Zügen die optischen Eigenschaften wiederzugeben vermögen. Becke schließt daraus, daß somit die Grundannahme der aufgestellten Theorien, daß bei den Plagioklasen die optischen Eigenschaften der Komponenten Albit und Anorthit unverändert in ihren Mischungen zur Geltung kommen, nicht zutrifft. Er begründet seine Ansicht damit, daß beim Zusammenkristallisieren von Albit und Anorthit wegen der nicht vollkommenen Übereinstimmung des Molekularvolumens und der Kristallform mechanische Spannungen eintreten müßten, die ihrerseits die optische Orientierung beeinflußten. Je nach dem wechselnden Grade der Mischung soll also ein

in verschiedenem Maße optisch deformierter Albit und Anorthit in die Mischkristalle der Plagioklase eingehen. In dieser erwähnten Abhandlung erörtert Becke theoretisch sehr interessante Erwägungen zur möglichen Behebung der vorhandenen Unstimmigkeiten.

Die weiteren Untersuchungen und besonders die chemischen Analysen ließen in späterer Folge erkennen, daß die Plagioklase nicht als ein binäres System zweier Mischungsglieder Ab und An, sondern als ein Dreistoffsystem aufgefaßt werden müssen, dessen Komponenten Albit, Anorthit und Mikroklin (Mi) sind, wie das von K. Chudoba (10) dargelegt worden ist. Aus den Plagioklasanalysen geht nämlich hervor, daß die Mikroklinkomponente nur ganz ausnahmsweise fehlt, und daß die meisten Glieder dieser Mischungsreihe weniger als 10% Kalifeldspat enthalten. Nur wenige Plagioklase gibt es, die einen höheren Kalifeldspatgehalt aufweisen.

Ob noch eine vierte Komponente, nämlich das Nephelin- oder Carnegieit-Molekül als Mischungsglied der Plagioklase hinzutritt, ist heute ein stark umstrittenes Problem, so daß es einstweilen ungelöst bleibt.

Durch die Auffassung der Plagioklase als ternäres System entsteht natürlich die interessante Frage, ob und in welcher Weise die physikalischen Eigenschaften durch die Mikroklinkomponente beeinflußt werden. K. Chudoba (9) hat theoretisch die Änderung der Auslöschungsschiefe auf den Flächen P (001) und M (010) erörtert und in einer Abhandlung „Dichte und chemische Zusammensetzung der Plagioklase auf ternärer Grundlage" (10) die Wirkung des Kalifeldspates auf die spezifischen Gewichte dargelegt. Die theoretisch abgeleiteten und zum Teil experimentell belegten Änderungen der genannten Auslöschungsschiefen ließen eine beobachtbare Änderung der Gesamtoptik der kalifeldspathaltigen Plagioklase erwarten.

2. Zielsetzung.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es nun, bei einigen kalifeldspathaltigen Plagioklasen den Zusammenhang zwischen Chemismus und Optik festzulegen, um auf diese Art einen etwaigen Einfluß der Mikroklinkomponente zu erkennen. Da der Kaligehalt der Plagioklase verhältnismäßig niedrig ist, mußten die chemischen und optischen Werte der vorgelegten Feldspatglieder mit größter Genauigkeit bestimmt werden, um noch so geringfügige Abweichungen zu erfassen. Bisher wurden sehr oft die physikalischen und chemischen Daten eines Plagioklasmischungsgliedes von verschiedenen Forschern ermittelt, wobei selten die Gewähr gegeben war, ob wirklich das Material für chemische und optische Untersuchung völlig übereinstimmte; außerdem blieb unberücksichtigt, daß Feldspäte desselben Fundortes in ihrer Zusammensetzung schwanken können. Um die dadurch entstehenden Fehler zu vermeiden, wurden Analysen und Dünnschliffe zur optischen Untersuchung möglichst von demselben Individuum des Untersuchungsmaterials angefertigt.

3. *Arbeitsmethode.*

Entsprechend dem gesteckten Ziel dieser Abhandlung mußten sowohl chemische als auch kristallographisch-optische Untersuchungen an den verschiedenen Plagioklasgliedern zur Durchführung kommen. Im folgenden ist vorerst auf den chemischen, dann auf den optischen Arbeitsgang hingewiesen.

a) Chemische Untersuchung.

Auf die Vorbereitung der einzelnen Feldspatsubstanzen für die Ausführung der chemischen Analysen wurde besondere Sorgfalt gelegt. Das in einem Achatmörser zerkleinerte und zu grobem Pulver zerdrückte Material kam unter dem Mikroskop zur Auslese, um von fremden Bestandteilen, Inhomogenitäten usw. befreit zu werden. Nur die mikroskopisch klarsten und reinsten Stückchen wurden der weiteren Vorbereitung zur Analyse zugeführt, so daß das Analysenmaterial weitgehend einschlußfrei und homogen vorlag.

Die Methode der Analyse war eine kombinierte nach Mauzelius, W. F. Hillebrand (13), F. P. Treadwell (24) und J. Jakob (14).

Zur Kontrolle wurden von jedem Plagioklasglied zwei Analysen durchgeführt, bei welchen nur Platingefäße zur Benutzung kamen.

Der Aufschluß der feinstgepulverten Feldspatsubstanz erfolgte mit Natriumkarbonat (ohne Kaliumkarbonat) zur Ermittlung von SiO_2 (doppelte Bestimmung), der Summe von $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2$, CaO und MgO. Fe_2O_3 wurde auf titrimetrischem Wege erhalten, während für die TiO_2-Bestimmung die kolorimetrische Methode zur Anwendung gelangte. Auf die eindeutige Bestimmung der Alkalien mußte besonderes Gewicht gelegt werden, da der Natriumgehalt für die Klassifizierung des Plagioklases, der Kaliumgehalt für den vorliegenden Untersuchungszweck von großer Bedeutung war. Für die Alkalibestimmung kam die Methode von J. Lawrence Smith zur Anwendung, die eleganteste und zuverlässigste aller Aufschlußmethoden zur Isolierung der Alkalien aus Silikaten. Der Glühverlust wurde in einer besonderen Einwaage ermittelt.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes erfolgte mit Hilfe einer Westphalschen Waage nach der Schwebemethode, wobei Clerici-Lösung als schwere Flüssigkeit diente.

b) Optische Untersuchung.

Die optische Untersuchung der meist orientierten Dünnschliffe der verschiedenen Plagioklase wurde mit Hilfe des Universaldrehtisches (U. T.) nach M. Reinhard (21) und auf Grund des Buches von K. Chudoba „Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung" (6) durchgeführt. Sowohl Schliffe nach P (001) als auch M (010), vor allem aber $\perp$ PM ($\perp$ a) standen zur Verfügung, wobei eine weitestgehende Meßgenauigkeit erzielt werden sollte. Jedes Feldspatglied der zur Untersuchung kommenden Plagioklase gelangte in mehreren Dünnschliffen zur Vermessung; die einzelnen Beobachtungen waren auf längere Zeiträume verteilt, um die Meßgenauigkeit

soweit als möglich zu steigern und auch objektiv zu gestalten. Die Dünnschliffe wurden aus dem zur Analyse verwandten gleichen Material hergestellt, wobei nur homogene und einschlußfreie Partien der Feldspatglieder zur Dünnschliffherstellung Verwendung fanden. Eine genaue Vermessung der optischen Orientierung der Symmetrieachsen n_α (o), n_β(+) und n_γ (Δ) erfolgte in mindestens zwei verschiedenen Schliffen, wobei jeweils das Mittel von 12 Einmessungen als Grundlage für die notwendigen Eintragungen in die stereographische Projektion genommen wurde.

Im Laufe der Untersuchungen zeigte sich nun, daß besonders die Ermittlung des Neigungswertes um H (Horizontalachse des U. T.) bei Spaltrissen und Zwillingslamellen ein zu großes Messungsintervall ergab. Der Drehungswert n um N (Normalenachse des U. T.) läßt sich nämlich in den meisten Fällen sicherer feststellen als die Koordinate h. Man kann oft mehrere Grade um H neigen, ohne einen Unterschied festzustellen, was besonders bei Einstellung auf Spaltrisse und Zwillingslamellen von nachteiligem Einfluß ist. Um diese Fehlerquellen auszuschalten und eine eindeutigere Beziehung der Lage der optischen Indikatrix auf die morphologischen Bezugsrichtungen zu ermöglichen, wurden an Dickschliffen, die ungefähr $\perp$ PM geschnitten waren, mit Hilfe eines Goniometers die Winkel von der Schliffläche Σ zu P und M ermittelt. Dann erfolgte parallel Σ die Herstellung des Dünnschliffes. Auf diese Weise war die Einstellung auf die Spaltrisse und Zwillingslamellen bezüglich h erleichtert, da in den am Goniometer gemessenen Werten Grundlagen der Orientierung der Spaltrisse zur Schliffläche vorlagen.

Die Bestimmung der optischen Symmetrieachsen (n_α, n_β und n_γ) erfolgte nach der üblichen Universaldrehtischmethode. In den meisten Fällen konnten in den vorwiegend benutzten Schliffen $\perp$ PM nur zwei optische Symmetrieachsen eingestellt werden. Die gegenseitige Lage der eingemessenen Symmetrieachsen wurde graphisch und rechnerisch kontrolliert, um zu prüfen, ob der Winkelabstand der beiden Pole 90° betrug. Der Projektionsort der dritten, nicht eingemessenen optischen Symmetrieachse kam nicht durch die ungenaue graphische Konstruktion zur Bestimmung, sondern durch Berechnung mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie, um dadurch eine größere Genauigkeit auf Grund der Ausgangswerte zu erhalten. (Die Art der Berechnung ist am Beispiel Albit von Rischuna auf S. 8 ersichtlich.) Beim Bytownit und Anorthit konnten alle drei Symmetrieachsen eingestellt werden; die Neigung um H bei einer dieser Indikatrixachsen war sehr stark (über 50°), so daß keine befriedigenden Werte erhalten werden konnten. Auch in diesen Fällen wurde die genauere rechnerische Methode vorgezogen.

Die Bestimmung der optischen Achsen A und B führte zum Teil zu stark abweichenden Werten, so daß sie nicht zur Verwendung und Auswertung kommen konnten. Nach M. Reinhard (21, S. 59) u. a. ist die Einstellung der optischen Achsen mit Hilfe des U. T. mit größeren Fehlern behaftet als diejenige der optischen Symmetrieachsen, da sich in ihr

alle etwaigen Ungenauigkeiten in der Einstellung der Symmetrieebene summieren.

Um den Anorthitgehalt der untersuchten Feldspäte auf Grund der orientierten Stereogramme nach M. Reinhard (21, Tafel 1) und F. Becke (1, Tafel 1) zu bestimmen, mußte die stereographische Projektion der ermittelten Werte transformiert werden, damit die Pole der morphologischen Bezugsflächen mit den entsprechenden der oben genannten orientierten Stereogramme übereinstimmten. Dazu war meistens eine zweimalige Drehung der Projektion erforderlich. Um auch hier die Fehlerquellen, welche in der graphischen Ermittlung der Positionslage der Symmetrieachsen der Indikatrix liegen, gänzlich auszuschalten, wurde die Drehung der Projektion auf rechnerischem Wege mittels der sphärischen Trigonometrie durchgeführt, wie das auch bereits von K. Chudoba (7) angewandt worden ist.

II. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN AN PLAGIOKLASEN.

In diesem Teil erfolgt die Angabe der Ergebnisse, die bei der chemischen und optischen Untersuchung der nachstehend angeführten Feldspatglieder ermittelt wurden. Vom Albit von Rischuna, Schweiz, ausgehend kamen zur Bestimmung der Albitoligoklas von Monteagle Township, Ontario, der Oligoklas von Monteagle Valley, Hastings County, Ontario, der Andesin von Nishishiadamura, Shinano, Japan, der Labrador von Tamatave, Madagaskar, der Labradorbytownit der Crystal Bay, Minnesota und der Anorthit vom Vesuv. An der Spitze stehen die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen im Vergleich mit den bisher bekannten Analysen, dann die jeweils eingemessenen und berechneten Werte der optischen Bestimmungen.

1. Albit von Rischuna, Schweiz.[1])

In chemischer und optischer Beziehung ist der Albit von Rischuna bereits vielfach untersucht worden. Die vorhandenen Unterschiede in den bisherigen Ergebnissen sollten durch neue Untersuchungen eine möglichst eindeutige chemische und optische Stellung dieses sauren Plagioklasendgliedes festlegen.

Für die Untersuchung lagen wasserklare, bis $2^1/_2$ cm große Zwillingskristalle vor, wie sie K. Chudoba in seiner Abhandlung über den Albit von Rischuna (4) beschrieb. Die Ergebnisse der neu ausgeführten Analysen entsprechen den unter I und II angegebenen Werten (III gibt die Mittelwerte).

[1]) Für die freundliche Überlassung einiger Kristalle für die Anfertigung der chemischen Analysen und Dünnschliffe zur optischen Untersuchung danke ich Herrn Prof. Dr. A. Himmelbauer, Wien. Die Kristalle entsprachen dem Originalmaterial, das K. Chudoba (4) 1925 untersucht hat.

	I	II	III
SiO_2	67,13	67,77	67,45
Al_2O_3	19,76	19,59	19,68
Fe_2O_3	0,50	0,30	0,40
CaO	0,25	0,27	0,26
MgO	0,15	0,11	0,13
Na_2O	11,24	11,16	11,20
K_2O	0,34	0,30	0,32
Gl. V.	0,44	0,26	0,35
Summe	99,81	99,76	99,79

Die spezifische Gewichtsbestimmung ergab 2,620 ± 0,001 bei 18° C.

Die Umrechnung der Analysen I und II und deren Mittelwerte III auf den Anteil Albit, Anorthit und Mikroklin zeigt die Tabelle 1.

Tabelle 1.

I.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	111,77	108,78	0,90	2,16	111,84	+ 0,07
Al_2O_3	19,38	18,13	0,45	0,36	18,94	— 0,44
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
MgO	—	—	—	—	—	—
CaO	0,45	—	0,45	—	0,45	—
Na_2O	18,13	18,13	—	—	18,13	—
K_2O	0,36	—	—	0,36	0,36	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	150,09	145,04	1,80	2,88	149,72	— 0,37

II.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	112,84	108,00	0,96	1,92	110,88	— 1,96
Al_2O_3	19,22	18,00	0,48	0,32	18,80	— 0,42
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
MgO	—	—	—	—	—	—
CaO	0,48	—	0,48	—	0,48	—
Na_2O	18,00	18,00	—	—	18,00	—
K_2O	0,32	—	—	0,32	0,32	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	150,86	144,00	1,92	2,56	148,48	— 2,38

III.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	112,30	108,42	0,92	2,04	111,38	— 0,92
Al_2O_3	19,31	18,07	0,46	0,34	18,87	— 0,44
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
MgO	—	—	—	—	—	—
CaO	0,46	—	0,46	—	0,46	—
Na_2O	18,07	18,07	—	—	18,07	—
K_2O	0,34	—	—	0,34	0,34	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	150,48	144,56	1,84	2,72	149,12	— 1,36

Das Molekularverhältnis aus diesen Analysen auf 100 umgerechnet ist der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen. (Die Angabe von zwei Dezimalstellen erfolgt bewußt, um eine bessere Vergleichsmöglichkeit zu geben.)

	Ab	An	Mi
I.	96,88	1,20	1,92
II.	96,98	1,29	1,73
III.	96,94	1,23	1,83

Zur Ausführung der Umrechnungen dienten die Tabellen von H. v. Philipsborn (19). Wie ersichtlich, wurden die Alkalien als Grundlage für die Berechnungen gewählt.

Die nach der gleichen Art umgerechneten Analysen von H. B. Cronshaw (I), N. Sahlbom (II), K. Seto (III) und E. Rost-Hoffmann (IV) ergeben die in der Tabelle 2 vermerkten Werte, wobei die Ergebnisse der neuen Analysen (V und VI) und deren Mittelwerte (VII) zum Vergleich mitangegeben sind. Unter $\Delta\,\Sigma{-}M$ ist der Mangel (—) bzw. Überschuß (+) an SiO_2 und an Al_2O_3 gegenüber den analytisch erhaltenen Alkali- und Erdalkaliwerten ersichtlich.

Tabelle 2.

	Ab	An	Mi	$\Delta\,\Sigma{-}M$ SiO_2	$\Delta\,\Sigma{-}M$ Al_2O_3	Literatur
I.	97,55	2,13	0,32	— 1,87	— 0,40	W. J. Lewis, Min. Mag. 17. 1915 Nr. 81, p. 183.
II.	97,68	0,44	1,88	— 5,19	— 1,61	B. Krebs, Ztschr. f. Krist. 56, 1921, 388.
III.	98,82	1,01	0,17	+ 0,02	+ 0,07	K. Seto, The Sci. Rep. (Sendai) Ser. III, 1923, Vol. 1. Nr. 3, p. 228.
IV.	95,97	0,93	3,10	— 11,35	— 2,79	H. Fischer, Ztschr. f. Krist. 61. 1924. 233.
V.	96,88	1,20	1,92	+ 0,07	— 0,44	A. Engels nach den Analysen von S. 6 u. 7.
VI.	96,98	1,29	1,73	— 1,96	— 0,42	
VII.	96,94	1,23	1,83	— 0,92	— 0,44	

Aus dieser Tabelle der bisher ausgeführten Analysen eines Albits von demselben Fundort ersieht man, wie die chemische Zusammensetzung schwankt, und wie schwierig die Beurteilung der Zusammenhänge zwischen Optik und Chemismus der Plagioklase dadurch sein kann.

Die Festlegung der optischen Orientierung des Albits von Rischuna erfolgte in zwei orientierten Dünnschliffen ungefähr senkrecht PM. Nach den auf S. 4 gemachten Ausführungen wurden die Winkel der Tabelle 3 erhalten.

Tabelle 3.

Winkel	Schliff I	Schliff II
Σ : P	88° 8'	85°50'
Σ : M	90°55'	89°50'

Die Messungen mit Hilfe des Universaldrehtisches ergaben für Dünnschliff I:

$n_\alpha = o$	$n = 82° 38'$	$h = 71° 7'$ (n und h berechnet)
$n_\beta = +$	$n = 274° 40'$	$h = 18° 30'$
$n_\gamma = \Delta$	$n = 183° 30'$	$h = 3° 40'$
A-Achse = A □	$k = 43° 30'$	
B-Achse = B □	$k' = 305° 30'$	
P (001)	$n = 81° 00'$	
M (010)	$n = 237° 30'$	

Als 2 V resultierte + 82°.

Der Gang einer Berechnung auf Grundlage der eingemessenen Werte zur eindeutigen Festlegung und leichten Reproduzierbarkeit der Symmetrieachsen (n_α, n_β und n_γ) soll am vorliegenden Albit dargelegt werden. In ähnlicher Weise erfolgten die Berechnungen bei allen zur Untersuchung gekommenen Plagioklasgliedern.

Zuerst wurde rechnerisch nachgeprüft, ob der Winkelabstand A der beiden eingemessenen Symmetrieachsen (n_β und n_γ) 90° betrug.

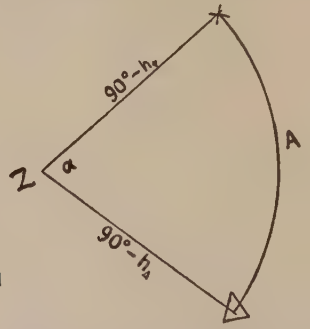


Abb. 1

$\cos A = \cos(90° - h_+) \cdot \cos(90° - h_\Delta) + \sin(90° - h_+) \cdot \sin(90° - h_\Delta) \cdot \cos a$
$\cos A = \cos 71° 30' \cdot \cos 86° 20' + \sin 71° 30' \cdot \sin 86° 20' \cdot \cos 91° 10'$
$\cos A = 89° 56'$.

Dann erfolgte die Berechnung der Koordinaten von n_α, die infolge der Schlifflage nicht eingemessen werden konnten. Die Stücke $90° - h_o$ und β mußten dazu bestimmt werden.

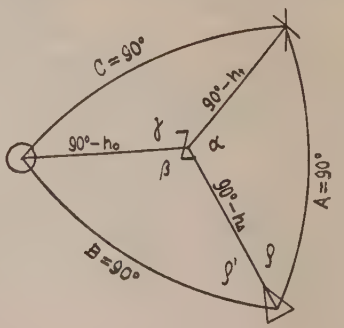


Abb. 2

$$\frac{\sin \rho}{\sin \alpha} = \frac{\sin (90°-h_+)}{\sin A}$$

$\sin \rho = \sin (90°-h_+) \cdot \sin \alpha$

$\rho = 71° 28'$ $\quad \rho' = 90°-\rho = 18° 32'$

$\cos (90°-h_0) = \cos (90°-h_\Delta) \cdot \cos B + \sin (90°-h_\Delta) \cdot \sin B \cdot \cos \rho'$

$\cos (90°-h_0) = \sin (90°-h_\Delta) \cdot \cos \rho'$

$90°-h_0 = 18° 53'$ $\quad h_0 = 90°-a = 71° 7'$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \rho'} = \frac{\sin B}{\sin (90°-h_0)}$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \rho'}{\sin (90°-h_0)}$$

$\beta = 79° 8'$

$n_0 = n_\Delta - (180°-\beta) = 183° 30' - 100° 52'$

$n_0 = 82° 38'.$

Um nun die ermittelten Werte der Symmetrieachsen mit denjenigen der orientierten Stereogramme von M. Reinhard (21, Tafel 1) und F. Becke (1, Tafel 1) vergleichen zu können, mußten die Projektionsebenen der Vergleichsstereogramme und der auf Grund der eingemessenen Daten erhaltenen Stereogramme in Übereinstimmung gebracht werden. Bei M. Reinhard liegt die c-Achse [001] im Mittelpunkt des Stereogramms und M (010) als Projektionspunkt im Osten des Grundkreises. Da nach der eingemessenen Schlifflage der Pol der Fläche M nicht im Grundkreis der stereographischen Projektion lag, war zunächst eine Drehung der Symmetrieachsen um 0° 55' (Tabelle 3) erforderlich und dann eine zweite Verschiebung der Symmetrieachsen, um den Flächenpol P in die entsprechende Lage zu bringen.

Berechnung der Koordinaten von n_a nach Drehung von M um 0° 55'.

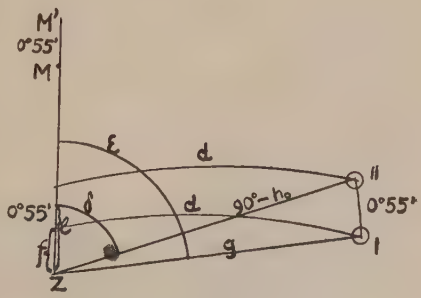


Abb. 3

$\sphericalangle$ o" Z M $= \delta = 84° 52'$

$90°-h_{0"} = 18° 53'$

$\sin d = \sin (90°-h_{0"}) \cdot \sin \delta$

$d = 18° 48'$

$\operatorname{tg} e = \operatorname{tg} (90°-h_{0"}) \cdot \cos \delta$

$e = 1° 45'$

$f = e - 0° 55' = 0° 50'$

$\cos g = \cos d \cdot \cos f$

$g = 18° 49'$ $\quad h_{0'} = 90° - g = 71° 11'$

$\operatorname{ctg} \varepsilon = \operatorname{ctg} d \cdot \sin f$

$\varepsilon = 87° 33'$

$90° - \varepsilon = 2° 27'$

$\varepsilon - \delta = 2° 41'$

$n_{O'} = n_{O''} - 2° 41' = 82° 38' - 2° 41' = 79° 57'$

Nach Drehung um 0° 55' hat n_a folgende Koordinaten:

$n_{O'} = 79° 57'$ $\quad h_{O'} = 71° 11'$.

Um die Pollage der Spaltrisse nach P in die Stellung zu bringen, bei welcher die c-Achse [001] im Mittelpunkt des Stereogramms liegt, war zunächst eine Drehung von $180° - \beta = 63° 25'$ durchzuführen. (Die Winkel der kristallographischen Achsen der Plagioklase, die zur Umrechnung erforderlich waren, wurden jeweils der Arbeit von E. Schmidt (22, S. 406) entnommen.) Nach der eingemessenen Schlifflage lag der Pol der Fläche P nicht im Grundkreis der stereographischen Projektion, so daß außerdem noch eine Drehung um 1° 52' (Tabelle 3) erfolgen mußte. Im ganzen resultierte also eine Drehung um $63° 25' + 1° 52' = 65° 17'$.

Berechnung der Koordinaten von n_a nach Drehung von P um 65° 17'.

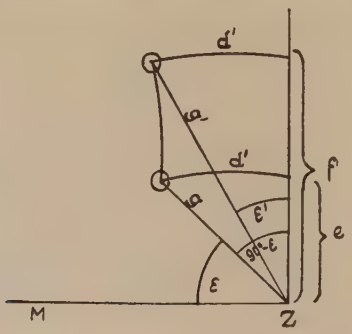


Abb. 4

$\sin d' = \sin g \cdot \sin (90° - \varepsilon)$

$d' = 0° 47' = \varphi$ (Beckesche Aufstellung)

$\operatorname{tg} e' = \operatorname{tg} g \cdot \cos (90° - \varepsilon)$

$e' = 18° 48'$

$f' = e' + 65° 17' = 84° 5' = \lambda$ (Beckesche Aufst.)

$\cos g' = \cos f' \cdot \cos d'$

$g' = 84° 5'$ $\quad h_O = 90° - g' = 5° 55'$

$\operatorname{ctg} \varepsilon' = \sin f' \cdot \operatorname{ctg} d'$

$\varepsilon' = 0° 47'$

$n_O = n_{O'} - [(90° - \varepsilon) - \varepsilon'] = 79° 57' - [2° 27' - 0° 47']$

$n_O = 78° 17'$

Nach Drehung um 65° 17' hat n_a folgende Koordinaten:

$n_O = 78° 17'$ $\quad h_O = 5° 55'$.

Um eine einfache und jederzeit reproduzierbare Eintragung der erhaltenen Positionen der Symmetrieachsen der optischen Indikatrix zu ermöglichen, sind von K. Chudoba (7, S. 5) einheitliche Bezugswerte für

das Stereogramm beim Austritt der c-Achse im Mittelpunkt desselben eingeführt worden, die hier bei allen Plagioklasgliedern angegeben werden, so daß dadurch eine Vergleichsbasis geschaffen ist. (In der Literatur sind häufig die bestimmten Projektionslagen in Stereogrammen veröffentlicht, die verschiedene Maßstäbe aufweisen, so daß ein gegenseitiger Vergleich der in Betracht kommenden Positionen mit Schwierigkeiten verbunden ist. Es wäre daher sehr wünschenswert, wenn in Zukunft die ermittelten Indikatrix- und Achsenpositionen in den hier angeführten Bezugswerten zur Veröffentlichung kämen, weil dadurch ein sofortiger Vergleich und eine eindeutige Eintragung in Stereogramme jederzeit ermöglicht ist.) Nach dieser Angabe beziehen sich die z-Werte auf die Winkel in der Zone der c-Achse, vom Pol der Fläche (010) im Sinne des Uhrzeigers aus gerechnet, die r-Werte vom Mittelpunkt des Stereogramms, von der c-Achse aus radial aufgetragen.

Das Resultat der Umrechnungen für diese Aufstellung ist für den Albit von Rischuna der Tabelle 4 unter a zu entnehmen.

Aus den vorstehenden Umrechnungen ergeben sich auch die Bezugswerte λ und φ für die Beckesche Aufstellung (1, S. 12), M (010) im Mittelpunkt und die c-Achse sagittal im Stereogramm. Diese Werte sind in der Tabelle 4 unter b eingetragen.

Die zweimalige Drehung auf rechnerischem Wege, wie sie vorstehend für n_α ausgeführt wurde, kam auch bei den Symmetrieachsen n_β und n_γ zur Anwendung. Hier sind nur die Ergebnisse dieser Berechnungen in Tabelle 4 angegeben. Schon aus den Darlegungen für n_α ist ersichtlich, daß die Berechnungsweise wenn auch nicht schwierig, so doch zeitraubend und langweilig ist. Sie wurde angewandt, um, wie bereits ausgeführt, eine ganz eindeutige Festlegung der Indikatrix zu gewährleisten.

Tabelle 4.

	a [001] im Mittelpunkt des Stereogramms		b (010) im Mittelpunkt des Stereogramms	
	z	r	λ	φ
○	269°13'	84° 5'	+ 84° 5'	— 0°47'
+	18°22'	17°29'	— 5°40'	+ 16°34'
△	177°32'	73°24'	— 8°47'	— 73°12'

Die Einstellung der optischen Achsen A und B war schwierig, da die Neigung um H groß war (18° 30'). Die Werte sind daher ungenau. Doch sollen die Koordinaten der optischen Achsen nach der Drehung, die auf graphischem Wege durchgeführt wurde, angegeben werden:

A-Achse		B-Achse	
z	r	z	r
221,5°	73,5°	137,8°	81,2°

Im Dünnschliff I waren die Zwillingslamellen zu schmal, als daß ihre optische Orientierung hätte festgelegt werden können.

Die Ausmessung der Indikatrix im Dünnschliff II ergab folgende Koordinaten:

o n = 3° 21' h = 73° 25' (n und h berechnet)
+ n = 199° 00' h = 16° 00'
Δ n = 107° 30' h = 4° 12'
A k = 45° 30'
B k' = 307° 30'
P n = 7° 00'
M n = 272° 30'

2 V = + 82°.

Die eingemessenen Koordinaten der Zwillingsstellung sind:

o n = 2° 54' h = 73° 59' (n und h berechnet)
+ n = 165° 30' h = 14° 48'
Δ n = 257° 00' h = 4° 30'
B k = 54° 00'
A k' = 315° 30'

2 V = + 81° 30'.

Der Tabelle 5 sind die Ergebnisse nach der auf rechnerischem Wege durchgeführten Drehung der Projektion der eingemessenen Werte zu entnehmen.

Tabelle 5.

	[001] im Mittelpunkt des Stereogramms		(010) im Mittelpunkt des Stereogramms	
	z	r	λ	φ
o	269° 46'	83° 55'	+ 83° 55'	— 0° 14'
+	20° 17'	16° 55'	— 6° 1'	+ 15° 50'
Δ	178° 6'	74° 33'	— 6° 49'	— 74° 26'

Die graphisch ermittelten Koordinaten der Achsen nach der Drehung sind folgende:

A-Achse		B-Achse	
z	r	z	r
219,3°	74,0°	136,2°	82,5°

Die berechneten Werte der Zwillingsstellung sind aus der Tabelle 6 zu ersehen.

Tabelle 6.

	[001] im Mittelpunkt des Stereogramms		(010) im Mittelpunkt des Stereogramms	
	z	r	λ	φ
o	270° 41'	83° 21'	+ 83° 21'	— 0° 15'
+	157° 3'	17° 50'	— 7° 9'	+ 16° 23'
Δ	1° 58'	74° 2'	— 6° 50'	— 73° 55'

Die Achsen der Zwillingsstellung haben folgende Positionen:

A-Achse		B-Achse	
z	r	z	r
319,0°	73,3°	42,0°	81,5°

In der Tabelle 7 wurden die Ergebnisse der Messungen an Dünnschliff I und II, sowie ihre Mittelwerte III übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle 7.

[001] im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	z	r	z	r	z	r
I	269° 13'	84° 5'	18° 22'	17° 29'	177° 32'	73° 24'
II	269° 46'	83° 55'	20° 17'	16° 55'	178° 6'	74° 33'
III	269° 30'	84° 00'	19° 20'	17° 12'	177° 48'	73° 58'

(010) im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	λ	φ	λ	φ	λ	φ
I	+84° 5'	−0° 47'	−5° 40'	+16° 34'	−8° 47'	−73° 12'
II	+83° 55'	−0° 14'	−6° 1'	+15° 50'	−6° 49'	−74° 26'
III	+84° 00'	−0° 30'	−5° 50'	+16° 12'	−7° 48'	−73° 49'

Nach dem Reinhardschen Stereogramm (21, Tafel 1) ergibt sich für die optischen Werte ein Anorthit-Gehalt von 4%; die chemische Untersuchung spricht für einen solchen von 1%. Die Projektionspole der Symmetrieachsen fallen im wesentlichen (n_β weicht etwas nach rechts ab) auf die Migrationskurven von M. Reinhard (vgl. Tafel 1 am Schluß der Arbeit). Die Beckeschen Kurven (1) beginnen erst mit einem Plagioklasglied von 5% An. Da der Albit von Rischuna einen geringeren Anorthit-Gehalt aufweist, liegen die Positionslagen entsprechend.

In der Abhandlung von H. Fischer „Über die optischen Eigenschaften des Albits" (12, S. 242) sind auch die λ- und φ-Werte von n_α und n_γ für den Rischuna-Albit veröffentlicht. Die Mittelwerte seiner Bestimmungen, die auf einem ganz anderen, und zwar auf dem von E. A. Wülfing (26) angegebenen Wege gefunden worden sind, seien hier zum Vergleich angeführt:

Autor	n_α		n_γ	
	λ	φ	λ	φ
Fischer	+83° 13'	−0° 33'	−8° 36'	−73° 56'
Engels	+84° 00'	−0° 30'	−7° 48'	−73° 49'

Man sieht, daß die Übereinstimmung der Werte trotz der ganz verschiedenen Methoden gut ist.

Die folgende Zusammenstellung gibt die Lage der optischen Achsen A und B für Dünnschliff I und II, sowie ihre Mittelwerte III:

	A		B	
	z	r	z	r
I.	221,5°	73,5°	137,8°	81,2°
II.	219,3°	74,0°	136,2°	82,5°
III.	220,4°	73,7°	137,0°	81,7°

In Bezug auf das Reinhardsche Stereogramm (21) fällt die A-Achse zu hoch, die B-Achse weicht etwas nach links ab und liegt auch zu hoch (Tafel 1).

Die Achsenpositionen des Albits von Rischuna sind von K. Chudoba (4) auf konoskopischem Wege nach Becke bestimmt worden. H. Fischer (12) ermittelte diese nach der Wülfingschen Methode. Die Ergebnisse beider Autoren, die eine gute Übereinstimmung zeigen, seien hier angegeben:

Autor	A		B		2 V
	λ	φ	λ	φ	
Chudoba	+ 63° 47'	— 48° 17'	— 77° 1'	— 47° 13'	+ 78° 36'
Fischer	+ 64° 41'	— 48° 36'	— 77° 23'	— 47° 12'	+ 78° 19'

Diese Achsenlagen kamen in die stereographische Projektion der vorliegenden Meßergebnisse zur Eintragung. Die Fischerschen Werte für die A-Achse fielen genau auf die optische Achsenebene, während die Werte von Chudoba geringfügig abwichen. Die Daten der B-Achse beider Autoren (sie stimmen ja fast genau überein) liegen ganz wenig außerhalb.

Die Auslöschungsschiefen sind nach K. Chudoba (4) für den Albit von Rischuna (Abbildung 6, S. 35):

P	M
+ 3° 40' ± 20'	+ 20° 10' ± 35'.

2. Albitoligoklas von Monteagle Township, Ontario.

In der Abhandlung von V. B. Meen[2]) „A description of a few plagioclases" (17) ist unter den untersuchten Plagioklasen auch jener Albit von Ontario. Die chemische Analyse wird angegeben. Von den optischen Konstanten sind die Brechungsexponenten und die Auslöschungsschiefen ermittelt worden. Da dieser Albit nach der Analyse einen verhältnismäßig hohen Kaligehalt aufwies, schien es im Interesse des gesteckten Zieles dieser Abhandlung, die optischen Symmetrieachsen und den Chemismus einheitlich zu bestimmen.

[2]) Herrn Professor V. B. Meen, Univ. Toronto, sage ich für die freundliche Zusendung dieses Albits sowie des im folgenden angeführten Oligoklases meinen besten Dank.

Die chemische Untersuchung an weißrötlichen Spaltstücken ergab die Werte unter I und II. Ihre Mittelwerte sind unter III angeführt.

	I	II	III
SiO_2	65,83	66,05	65,94
Al_2O_3	20,69	20,25	20,47
Fe_2O_3	0,53	0,62	0,58
CaO	1,57	1,51	1,54
Na_2O	9,87	9,95	9,91
K_2O	1,18	0,99	1,09
Gl. V.	0,25	0,25	0,25
Summe	99,92	99,62	99,78

Das spezifische Gewicht wurde zu 2,629 $\pm$ 0,002 bei 18° C bestimmt.

Die Berechnungsweise der Albit-,Anorthit- und Mikroklin-Gehalte für die Analysen I, II und III bringt die Tabelle 8.

Tabelle 8.

I.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	109,61	95,52	5,60	7,50	108,62	— 0,99
Al_2O_3	20,30	15,92	2,80	1,25	19,97	— 0,33
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	2,80	—	2,80	—	2,80	—
Na_2O	15,92	15,92	—	—	15,92	—
K_2O	1,25	—	—	1,25	1,25	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	149,88	127,36	11,20	10,00	148,56	— 1,32

II.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	109,97	96,30	5,38	6,30	107,98	— 1,99
Al_2O_3	19,87	16,05	2,69	1,05	19,79	— 0,08
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	2,69	—	2,69	—	2,69	—
Na_2O	16,05	16,05	—	—	16,05	—
K_2O	1,05	—	—	1,05	1,05	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	149,63	128,40	10,76	8,40	147,56	— 2,07

III.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	109,79	95,94	5,50	6,96	108,40	— 1,39
Al_2O_3	20,08	15,99	2,75	1,16	19,90	— 0,18
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	2,75	—	2,75	—	2,75	—
Na_2O	15,99	15,99	—	—	15,99	—
K_2O	1,16	—	—	1,16	1,16	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	149,77	127,92	11,00	9,28	148,20	— 1,57

Nach Umrechnung ergeben sich die in Tabelle 9 angeführten Molekularwerte.

Tabelle 9.

	Ab	An	Mi
I	85,73	7,54	6,73
II	87,02	7,29	5,69
III	86,32	7,42	6,26

Auf Grund der ausgeführten chemischen Analysen konnte dieses Plagioklasglied nicht (wie bei Meen) als Albit bezeichnet werden, obwohl es 7% An enthält, dagegen aber nur einen Albitgehalt von 86% aufweist. Es wurde daher mit dem Doppelnamen Albitoligoklas belegt. Die Analysenwerte von V. B. Meen (17) und ihre Umrechnung seien zum Vergleich in Tabelle 10 angegeben:

Tabelle 10.

	G.-%	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	66,16	110,16	100,92	4,06	4,08	109,06	— 1,10
Al_2O_3	21,38	20,97	16,82	2,03	0,68	19,53	— 1,44
Fe_2O_3	0,33	—	—	—	—	—	—
FeO	0,09	—	—	—	—	—	—
CaO	1,14	2,03	—	2,03	—	2,03	—
Na_2O	10,43	16,82	16,82	—	—	16,82	—
K_2O	0,64	0,68	—	—	0,68	0,68	—
H_2O	0,13	—	—	—	—	—	—
Summe	100,30	150,66	134,56	8,12	5,44	148,12	— 2,54

Spezifisches Gewicht 2,637 $\pm$ 0,005.

Das Molekularverhältnis aus dieser Analyse ist: $Ab_{90,85}\ An_{5,48}\ Mi_{3,67}$.

Die gemessenen Schlifflagen für die untersuchten Dünnschliffe I und II sind der Tabelle 11 zu entnehmen:

Tabelle 11.

Winkel	Schliff I	Schliff II
Σ : P	88° 15'	91° 28'
Σ : M	89° 10'	88° 45'

Die optische Bestimmung des Albitoligoklases von Ontario ergab die Werte der Tabelle 12:

Tabelle 12.

	n_α [3])		n_β		n_γ	
	n	h	n	h	n	h
I	0° 42'	75° 9'	200° 30'	14° 00'	109° 12'	4° 48'
II	343° 8'	74° 8'	182° 30'	15° 00'	91° 00'	5° 00'

[3]) Berechnete Werte.

	P n	M n	A k	B k'	2 V
I	190° 54'	277° 12'	43° 30'	306° 00'	+ 82° 30'
II	173° 00'	259° 30'	43° 00'	307° 00'	+ 84° 00'

Die Ergebnisse der Umrechnungen für die Vergleichsstereogramme sind in der Tabelle 13 verzeichnet (III gibt die Mittelwerte):

Tabelle 13.

[001] im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	z	r	z	r	z	r
I	270° 51'	79° 55'	38° 20'	16° 15'	178° 36'	77° 26'
II	270° 31'	80° 39'	37° 11'	15° 24'	178° 33'	78° 00'
III	270° 41'	80° 17'	37° 45'	15° 50'	178° 35'	77° 43'

(010) im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	λ	φ	λ	φ	λ	φ
I	+ 79° 55'	+ 0° 51'	— 10° 15'	+ 12° 41'	— 6° 12'	— 77° 22'
II	+ 80° 39'	+ 0° 31'	— 9° 27'	+ 12° 13'	— 6° 37'	— 77° 55'
III	+ 80° 17'	+ 0° 41'	— 9° 51'	+ 12° 27'	— 6° 25'	— 77° 38'

Die Ergebnisse der optischen Messungen weisen nach Interpolation in den Reinhardschen Migrationskurven (21) auf einen Anorthit-Gehalt von 9% hin; die chemischen Analysen ergeben einen Anorthit-Gehalt von 7%. Gegenüber dem von M. Reinhard gegebenen Stereogramm mit der Wanderung der optischen Vektoren bei fixem kristallographischen Gebäude liegt der Projektionspol von n_γ auf der entsprechenden Migrationskurve, während n_α und n_β etwas nach rechts abweichen (Tafel 1). In Bezug auf die Beckeschen Kurven (1) fällt n_β ziemlich gut, n_α und n_γ liegen links außerhalb.

Den optischen Achsen A und B kommen für die Reinhardsche Projektion folgende Werte zu (mit III sind die Mittelwerte bezeichnet):

	A-Achse		B-Achse	
	z	r	z	r
I	220,5°	73,8°	138,2°	87,2°
II	221,0°	74,2°	137,5°	87,0°
III	220,7°	74,0°	137,8°	87,1°

Die A-Achse liegt im Vergleich mit der Reinhardschen Projektion zu hoch und die B-Achse weicht nach rechts ab (Tafel 1).

Als Auslöschungsschiefen wurden gemessen:

p	M
+ 2° 30' (3°)	+ 16° 10' (16°).

In Klammern sind die Werte von V. B. Meen (17) angegeben (Abbildung 6, S. 35).

3. Oligoklas von Monteagle Valley, Hastings County, Ontario[4]).

Unter den Plagioklasgliedern, die V. B. Meen (17) in seiner bereits angeführten Arbeit untersucht hat, befindet sich auch dieser Oligoklas von Ontario. Die Brechungsexponenten, Auslöschungsschiefen und die chemische Analyse sind angegeben. Nach dieser ist der Kaligehalt beträchtlich, so daß es erklärlich ist, daß die optischen Symmetrieachsen und der Chemismus einheitlich festgelegt wurden.

Als Untersuchungsmaterial lagen weiße Spaltstücke vor. Die Analysenwerte sind unter I und II angeführt, während III ihrem Mittelwert entspricht.

	I	II	III
SiO_2	63,53	64,16	63,85
Al_2O_3	22,47	21,54	22,01
Fe_2O_3	0,56	0,65	0,61
CaO	2,91	2,89	2,90
Na_2O	9,06	9,03	9,05
K_2O	0,86	1,30	1,08
Gl. V.	0,32	0,31	0,32
Summe	99,71	99,88	99,82

Die spezifische Gewichtsbestimmung ergab 2,630 ± 0,003 (18° C).

Die Umrechnung der Analysen auf den Anteil Albit, Anorthit und Mikroklin ist der Tabelle 14 zu entnehmen:

Tabelle 14.

I.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	105,78	87,66	10,38	5,46	103,50	— 2,28
Al_2O_3	22,04	14,61	5,19	0,91	20,71	— 1,33
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	5,19	—	5,19	—	5,19	—
Na_2O	14,61	14,61	—	—	14,61	—
K_2O	0,91	—	—	0,91	0,91	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	148,53	116,88	20,76	7,28	144,92	— 3,61
II.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	106,83	87,42	10,30	8,28	106,00	— 0,83
Al_2O_3	21,13	14,57	5,15	1,38	21,10	— 0,03
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	5,15	—	5,15	—	5,15	—
Na_2O	14,57	14,57	—	—	14,57	—
K_2O	1,38	—	—	1,38	1,38	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	149,06	116,56	20,60	11,04	148,20	— 0,86

[4]) Vgl. Fußnote S. 14.

III.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	106,31	87,60	10,34	6,90	104,84	— 1,47
Al_2O_3	21,59	14,60	5,17	1,15	20,92	— 0,67
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	5,17	—	5,17	—	5,17	—
Na_2O	14,60	14,60	—	—	14,60	—
K_2O	1,15	—	—	1,15	1,15	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	148,82	116,80	20,68	9,20	146,68	— 2,14

In Tabelle 15 sind die durch Rechnung ermittelten Molekularverhältnisse angegeben.

Tabelle 15.

	Ab	An	Mi
I	80,65	14,32	5,03
II	78,65	13,90	7,45
III	79,63	14,10	6,27

Die Analysenwerte von V. B. Meen (17) und ihre Umrechnung sind in Tabelle 16 angeführt:

Tabelle 16.

	G.-%	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	64,92	108,09	94,08	9,42	4,32	107,82	— 0,27
Al_2O_3	22,20	21,78	15,68	4,71	0,72	21,11	— 0,67
CaO	2,64	4,71	—	4,71	—	4,71	—
Na_2O	9,72	15,68	15,68	—	—	15,68	—
K_2O	0,68	0,72	—	—	0,72	0,72	—
H_2O	0,09	—	—	—	—	—	—
Summe	100,25	150,98	125,44	18,84	5,76	150,04	— 0,94

Spezifisches Gewicht 2,637 ± 0,005.

Die Molekularwerte dieser Analyse sind: $Ab_{83,60}\ An_{12,56}\ Mi_{3,84}$.

Die Tabelle 17 bringt die gemessenen Schlifflagen der zu untersuchenden Dünnschliffe I und II.

Tabelle 17.

Winkel	Schliff I	Schliff II
Σ : P	90° 40'	87° 40'
Σ : M	88° 52'	86° 54'

Die optischen Untersuchungen führten zu den Werten der Tabelle 18.

Tabelle 18.

	n_α [5])		n_β		n_γ	
	n	h	n	h	n	h
I	353° 13'	79° 23'	193° 00'	10° 00'	102° 12'	3° 30'
II	144° 56'	80° 43'	0° 12'	7° 36'	269° 30'	5° 18'

[5]) Berechnete Werte.

	P n	M n	A k	B k'	2 V
I	190° 00'	276° 30'	40° 00'	313° 00'	+ 87° 00'
II	178° 00'	84° 00'	38° 00'	312° 00'	+ 86° 00'

In der Tabelle 19 sind die Bezugswerte nach der Drehung der Projektion, die mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie durchgeführt wurde, sowie ihre Mittelwerte III vermerkt:

Tabelle 19.

[001] im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	z	r	z	r	z	r
I	271° 21'	72° 58'	69° 45'	18° 13'	179° 29'	83° 52'
II	271° 28'	73° 44'	70° 28'	17° 20'	179° 47'	84° 6'
III	271° 25'	73° 21'	70° 6'	17° 46'	179° 38'	83° 59'

(010) im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	λ	φ	λ	φ	λ	φ
I	+ 72° 58'	+ 1° 18'	— 17° 10'	+ 6° 13'	— 4° 43'	— 83° 51'
II	+ 73° 44'	+ 1° 25'	— 16° 23'	+ 5° 43'	— 2° 6'	— 84° 6'
III	+ 73° 21'	+ 1° 21'	— 16° 46'	+ 5° 58'	— 3° 25'	— 83° 58'

Die optischen Messungen sprechen auf Grund der Interpolation in den Reinhardschen Kurven (21) für einen Anorthit-Gehalt von 16%; die Analysenwerte ergeben einen Anorthit-Gehalt von 14%. Die Positionslage von n_γ fällt auf die Migrationskurve des Reinhardschen Stereogramms (21), n_α und n_β weichen etwas nach rechts ab (Tafel 1). In Bezug auf die Beckesche Projektion (1) liegt n_α rechts außerhalb, während n_β und n_γ nach links abweichen.

Die Koordinaten der optischen Achsen A und B nach der Drehung, die auf graphischem Wege durchgeführt wurde, sind folgende (unter III sind die Mittelwerte angegeben):

	A-Achse		B-Achse	
	z	r	z	r
I	225,2°	72,8°	315,0°	81,8°
II	229,0°	72,5°	317,0°	82,8°
III	227,1°	72,6°	316,0°	82,3°

Der Projektionspol der A-Achse weicht sehr stark nach rechts ab und liegt zu hoch; im Gegensatz dazu fällt die Achse B fast auf den entsprechenden Kurventeil des Reinhardschen Stereogramms (Tafel 1).

Die gemessenen Auslöschungsschiefen betragen:

P	M
+ 1° 20' (3° 30')	+ 11° 50' (12° 30').

Zum Vergleich sind die Auslöschungsschiefen nach V. B. Meen (17) in Klammern beigefügt (Abbildung 6, S. 35).

4. Andesin von Nishishiadamura, Shinano, Japan[6]).

Die chemische und optische Untersuchung an Andesinen ist schwierig, weil größere homogene Individuen sehr selten sind, und weil die Kristalle meist stark ausgeprägte Zonarstruktur zeigen.

Der hier untersuchte Andesin bestand aus etwa 1/2 cm großen, meist nach dem Albitgesetz verzwillingten Individuen, die nach M (010) tafelig ausgebildet waren. Nach Entfernung der äußeren trüben und undurchsichtigen Zone zeigten sich wasserklare Kristalle. Das Ergebnis der chemischen Untersuchung entspricht den unter I angeführten Werten. Der Mangel an einwandfreiem Untersuchungsmaterial erlaubte leider nur die Kontrollbestimmung für die Alkalien (unter II). Der Mittelwert ist unter III angegeben:

	I	II	III
SiO_2	58,95	—	58,95
Al_2O_3	24,79	—	24,79
Fe_2O_3	0,77	—	0,77
CaO	7,06	—	7,06
MgO	0,74	—	0,74
Na_2O	6,43	6,55	6,49
K_2O	0,96	1,01	0,99
Summe	99,70	—	99,79

Spezifisches Gewicht 2,660 ± 0,002 bei 18° C.

Die Art der Berechnung der Albit-, Anorthit- und Mikroklin-Gehalte zeigt die Tabelle 20.

Tabelle 20.

I.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	98,15	62,22	25,18	6,12	93,52	— 4,63
Al_2O_3	24,32	10,37	12,59	1,02	23,98	— 0,34
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	12,59	—	12,59	—	12,59	—
MgO	—	—	—	—	—	—
Na_2O	10,37	10,37	—	—	10,37	—
K_2O	1,02	—	—	1,02	1,02	—
Summe	146,45	82,96	50,36	8,16	141,48	— 4,97

[6]) Von der Firma Dr. F. Krantz, Bonn, angekauft. Fundortsangabe nach Professor Sasamota, Tokio.

II.	M.—Q.×100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	98,15	63,42	25,18	6,42	95,02	— 3,13
Al_2O_3	24,32	10,57	12,59	1,07	24,23	— 0,09
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	12,59	—	12,59	—	12,59	—
MgO	—	—	—	—	—	—
Na_2O	10,57	10,57	—	—	10,57	—
K_2O	1,07	—	—	1,07	1,07	—
Summe	146,70	84,56	50,36	8,56	143,48	— 3,22

III.	M.—Q.×100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	98,15	62,82	25,18	6,30	94,30	— 3,85
Al_2O_3	24,32	10,47	12,59	1,05	24,11	— 0,21
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	12,59	—	12,59	—	12,59	—
MgO	—	—	—	—	—	—
Na_2O	10,47	10,47	—	—	10,47	—
K_2O	1,05	—	—	1,05	1,05	—
Summe	146,58	83,76	50,36	8,40	142,52	— 4,06

Das Molekularverhältnis aus diesen Analysen ist der Tabelle 21 zu entnehmen:

Tabelle 21.

	Ab	An	Mi
I	58,64	35,59	5,77
II	58,93	35,10	5,97
III	58,77	35,34	5,89

Die Analysenwerte von Nishiskawa (T. Wada „Minerals of Japan", Transl. by Takudzu Okawa, Tokio 1904, S. 135), die F. Becke in seiner Abhandlung „Die optischen Eigenschaften einiger Andesine" (2, S. 34) angibt, und ihre Umrechnung seien zum Vergleich in Tabelle 22 angeführt.

Tabelle 22.

	G.-%	M.—Q.×100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	58,21	96,92	61,20	27,04	8,16	96,40	— 0,52
Al_2O_3	26,46	25,96	10,20	13,52	1,36	25,08	— 0,88
CaO	7,58	13,52	—	13,52	—	13,52	—
Na_2O	6,32	10,20	10,20	—	—	10,20	—
K_2O	1,28	1,36	—	—	1,36	1,36	—
Summe	99,85	147,96	81,60	54,08	10,88	146,56	— 1,40

Das Molekularverhältnis aus dieser Analyse entspricht:

$Ab_{55,68}\ An_{36,90}\ Mi_{7,42}$.

Der Mangel an geeignetem Untersuchungsmaterial gestattete auch nur die Herstellung von einem orientierten Dünnschliff, dessen gemessene Schlifflagen folgende Werte hatten:

$$\Sigma : M = 89° 54' \qquad \Sigma : P = 86° 14'.$$

Die optischen Symmetrieachsen n_β und n_γ konnten sehr gut eingemessen werden. Der Dünnschliff zeigte nur einen ganz schwachen Zonenbau, das Schwanken der Auslöschungsstellung hielt sich in engen Grenzen.

Die Ausmessung der Indikatrix ergab folgende Koordinaten:

o $n = 115° 38'$ $h = 84° 10'$ (n und h berechnet)
+ $n = 276° 00'$ $h = 5° 50'$
Δ $n = 6° 12'$ $h = 2° 00'$
A $k = 44° 00'$
B $k' = 320° 00'$
P $n = 71° 18'$
M $n = 345° 00'$

$2 V = -84°$.

Der Tabelle 23 sind die Werte nach der auf rechnerischem Wege durchgeführten Drehung der Projektion der eingemessenen Daten zu entnehmen:

Tabelle 23.

	[001] im Mittelpunkt des Stereogramms		(010) im Mittelpunkt des Stereogramms	
	z	r	λ	φ
o	265° 25'	55° 36'	+ 55° 31'	— 3° 47'
+	123° 2'	40° 52'	— 35° 57'	— 20° 54'
Δ	9° 12'	70° 43'	— 24° 32'	+ 68° 43'

Durch Interpolation in den Reinhardschen Kurven (21) ergeben die optischen Messungen einen Anorthit-Gehalt von 38%; die chemische Untersuchung spricht für einen solchen von 35%. In Bezug auf das Reinhardsche Stereogramm (21) fallen die optischen Symmetrieachsen fast genau auf die entsprechenden Migrationskurven (Tafel 1). Gegenüber den Beckeschen Kurven (1) liegt n_γ genau auf der Kurve, während die Projektionspole von n_α und n_β stark abweichen. Diese Abweichungen sind erklärlich, da, wie F. Becke (2, S. 31) selbst sagt, die Kenntnis der Andesine unbefriedigend war, als er seine Kurven aufstellte.

In der bereits erwähnten Arbeit von F. Becke (2, S. 42) sind die λ- und φ-Werte der optischen Symmetrieachsen für den Japan-Andesin angegeben. Zum Vergleich seien die vorliegenden Meßergebnisse nochmals mit angeführt:

Autor	n_α		n_β		n_γ	
	λ	φ	λ	φ	λ	φ
Becke	+ 60,0°	— 0,3°	—29,1°	— 25,0°	— 30,2°	+ 65,2°
Engels	+ 55,5°	— 3,8°	—35,9°	— 20,9°	— 24,5°	+ 68,7°

Die Koordinaten der optischen Achsen A und B nach der Drehung, die auf graphischem Wege durchgeführt wurde, sind folgende:

A-Achse		B-Achse	
z	r	z	r
226,0°	78,5°	318,7°	50,3°

Die A- und B-Achse weicht in Bezug auf die Reinhardsche Projektion (21) stark nach links ab (Tafel 1).

Die Achsenlagen des Andesins aus Japan sind nach F. Becke (2, S. 42):

A-Achse		B-Achse	
λ	φ	λ	φ
+ 80,4°	— 36,3°	+ 40,0°	+ 37,1°

Diese Achsenlagen kamen in die stereographische Projektion der vorliegenden Meßergebnisse zur Einzeichnung. A- und B-Achse weichen sehr stark von der Achsenbahn ab, und zwar nach verschiedenen Seiten. Dasselbe wurde auch von F. Becke (2, S. 35) beobachtet.

Für die Auslöschungsschiefen gelten folgende Werte (Abb. 6, S. 35):

P	M
— 2° 10'	— 4° 15'.

5. Labrador von Tamatave, Madagaskar[7]).

Die chemische Untersuchung ergab die Werte unter I und II, während III ihrem Mittelwert entspricht:

	I	II	III
SiO_2	54,58	54,63	54,61
TiO_2	0,14	0,16	0,15
Al_2O_3	28,69	28,66	28,68
Fe_2O_3	0,27	0,25	0,26
CaO	10,88	10,93	10,90
Na_2O	4,64	4,69	4,66
K_2O	0,75	0,77	0,76
Gl. V.	—	—	—
Summe	99,95	100,09	100,02

Das spezifische Gewicht wurde zu 2,699 ± 0,002 bei 18° C bestimmt.

Die Umrechnung der Analysen I und II und deren Mittelwerte III auf den Anteil Albit, Anorthit und Mikroklin ist in Tabelle 24 ausgeführt.

Tabelle 24.

I.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	Δ Σ—M
SiO_2	90,88	44,94	38,80	4,80	88,54	— 2,34
TiO_2	—	—	—	—	—	—
Al_2O_3	28,14	7,49	19,40	0,80	27,69	— 0,45
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	19,40	—	19,40	—	19,40	—
Na_2O	7,49	7,49	—	—	7,49	—
K_2O	0,80	—	—	0,80	0,80	—
Summe	146,71	59,92	77,60	6,40	143,92	— 2,79

[7]) Die untersuchten Kristalle entsprachen dem Originalmaterial, das K. Chudoba und J. Jakob (7) 1932 in optischer und chemischer Beziehung bestimmt haben.

II.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	90,96	45,42	38,98	4,92	89,32	— 1,64
TiO_2	—	—	—	—	—	—
Al_2O_3	28,12	7,57	19,49	0,82	27,88	— 0,24
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	19,49	—	19,49	—	19,49	—
Na_2O	7,57	7,57	—	—	7,57	—
K_2O	0,82	—	—	0,82	0,82	—
Summe	146,96	60,56	77,96	6,56	145,08	— 1,88

III.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	90,93	45,12	38,88	4,86	88,86	— 2,07
TiO_2	—	—	—	—	—	—
Al_2O_3	28,13	7,52	19,44	0,81	27,77	— 0,36
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	19,44	—	19,44	—	19,44	—
Na_2O	7,52	7,52	—	—	7,52	—
K_2O	0,81	—	—	0,81	0,81	—
Summe	146,83	60,16	77,76	6,48	144,40	— 2,43

Die aus den Analysen durch Rechnung sich ergebenden Molekularwerte bringt die Tabelle 25:

Tabelle 25.

	Ab	An	Mi
I	41,63	53,92	4,45
II	41,74	53,74	4,52
III	41,66	53,85	4,49

Die Analysenwerte von J. Jakob (7, S. 7) und ihre Umrechnung seien zum Vergleich in Tabelle 26 angeführt:

Tabelle 26.

	G.-%	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	54,60	90,91	44,70	38,90	4,68	88,28	— 2,63
TiO_2	0,17	—	—	—	—	—	—
Al_2O_3	28,65	28,11	7,45	19,45	0,78	27,68	— 0,43
Fe_2O_3	0,29	—	—	—	—	—	—
CaO	10,91	19,45	—	19,45	—	19,45	—
Na_2O	4,62	7,45	7,45	—	—	7,45	—
K_2O	0,73	0,78	—	—	0,78	0,78	—
H_2O+	0,08	—	—	—	—	—	—
Summe	100,05	146,70	59,60	77,80	6,24	143,64	— 3,06

Die pyknometrische Gewichtsbestimmung ergab 2,698 ± 0,002, nach der Schwebemethode 2,699 ± 0,001.

Das Molekularverhältnis aus dieser Analyse entspricht: $Ab_{41,49}$ $An_{54,17}$ $Mi_{4,34}$.

Im Dickschliff I konnte der Winkel Σ : M nicht ganz genau ermittelt werden wegen der schlechten Spaltbarkeit des Labradors nach M (7, S. 2). Dagegen konnte im Dickschliff II der Winkel Σ : M überraschend gut gemessen werden, wodurch die Werte von Schliff I kontrolliert werden konnten. Die Schlifflagen sind durch die Winkelwerte der Tabelle 27 charakterisiert.

Tabelle 27.

Winkel	Schliff I	Schliff II
Σ : P	92° 00'	90° 58'
Σ : M	96° 00'	85° 50'

Für die zwei Dünnschliffe sind die Daten der Symmetrieachsen und der Bezugsrichtungen sowie der optischen Achsen aus der Tabelle 28 ersichtlich.

Tabelle 28.

	n_α[8]		n_β		n_γ	
	n	h	n	h	n	h
I	157° 9'	65° 33'	325° 30'	24° 00'	57° 18'	4° 30'
II	151° 17'	62° 48'	324° 00'	27° 00'	55° 30'	3° 00'

	P	M	A	B	2 V
	n	n	k'	k	
I	182° 00'	268° 00'	315° 30'	56° 00'	+ 79° 30'
II	359° 30'	265° 48'	313° 30'	52° 30' [9]	+ 81° 00'

Nach den notwendigen Berechnungen wurden als Vergleichswerte für die Stereogramme nach Reinhard und Becke die Werte der Tabelle 29 erhalten:

Tabelle 29.

[001] im Mittelpunkt des Stereogramms:

	n_α		n_β		n_γ	
	z	r	z	r	z	r
I	248° 11'	40° 29'	120° 12'	62° 19'	14° 51'	62° 58'
II	246° 40'	39° 50'	119° 12'	63° 7'	14° 21'	63° 2'
III	247° 25'	40° 10'	119° 42'	62° 43'	14° 39'	63° 00'

(010) im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	λ	φ	λ	φ	λ	φ
I	+ 38° 24'	— 13° 58'	— 58° 45'	— 26° 28'	— 26° 49'	+ 59° 24'
II	+ 37° 27'	— 14° 42'	— 59° 52'	— 25° 48'	— 25° 54'	+ 59° 44'
III	+ 37° 55'	— 14° 20'	— 59° 18'	— 26° 8'	— 26° 22'	+ 59° 34'

[8] Berechnete Werte.

[9] Konstruierter Wert; die B-Achse konnte nicht eingemessen werden.

Die Ergebnisse der optischen Messungen weisen nach Interpolation in den Reinhardschen Migrationskurven (21) auf einen Anorthit-Gehalt von 55% hin; die chemische Untersuchung ergibt einen Anorthitgehalt von 54%. Der Projektionspol von n_γ liegt in Bezug auf das Reinhardsche Stereogramm (21) genau auf der entsprechenden Kurve, n_α und n_β weichen wenig nach links ab (Tafel 1). In der Beckeschen Tafel (1) fallen die Pole von n_β und n_γ genau auf die Kurven, während n_α geringfügig abweicht.

K. Chudoba (7, S. 5) hat die Optik des Labradors von Madagaskar ebenfalls mit dem Universaldrehtisch festgelegt. Die Ergebnisse seiner Bestimmungen seien hier zum Vergleich angeführt:

[001] im Mittelpunkt des Stereogramms

Autor	n_α		n_β		n_γ	
	z	r	z	r	z	r
Chudoba	245° 50'	38° 50'	119° 40'	64° 40'	15° 5'	63° 5'
Engels	247° 25'	40° 10'	119° 42'	62° 43'	14° 39'	63° 00'

(010) im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	λ	φ	λ	φ	λ	φ
Chudoba	+ 37° 15'	— 14° 20'	— 62° 30'	— 26° 10'	— 27° 30'	+ 59° 45'
Engels	+ 37° 55'	— 14° 20'	— 59° 18'	— 26° 8'	— 26° 22'	+ 59° 34'

Die von K. Chudoba festgelegten n_α-, n_β- und n_γ-Lagen liegen fast genau auf den Migrationskurven des Reinhardschen Stereogramms (21).

Die Koordinaten der optischen Achsen A und B nach der Drehung, die auf graphischem Wege durchgeführt wurde, ergeben sich zu (mit III sind die Mittelwerte bezeichnet):

	A-Achse		B-Achse	
	z	r	z	r
I	214,5°	80,8°	339,2°	34,2°
II	213,5°	81,2°	337,0°	32,8°
III	214,0°	81,0°	338,1°	33,5°

Die Positionslage der A-Achse weicht gegenüber dem Reinhardschen Stereogramm (21) nach rechts ab, die Achse B fällt links außerhalb der entsprechenden Migrationskurve (Tafel 1).

Die Auslöschungsschiefen sind nach K. Chudoba (7, S. 2) für den Labrador von Tamatave (Abbildung 6, S. 35):

p	M
—5° 45' —6°	—19° 30' —20°.

6. Labradorbytownit der Crystal Bay, Minnesota[10]).

In der bereits angeführten Abhandlung von V. B. Meen (17) sind die Brechungsexponenten, Auslöschungsschiefen und die chemische Analyse dieses Bytownits angegeben. Hier sollte die optische Orientierung und der Chemismus einheitlich bestimmt werden.

Für die chemische und optische Untersuchung lagen einheitliche Individuen einer graubraunen kristallinen Masse vor. Die Analysen ergaben die unter I und II angeführten Werte. Ihre Mittelwerte sind unter III verzeichnet.

	I	II	III
SiO_2	49,30	49,62	49,46
Al_2O_3	31,72	31,73	31,73
Fe_2O_3	0,57	0,41	0,49
CaO	14,45	14,50	14,48
Na_2O	3,35	3,46	3,41
K_2O	0,32	0,35	0,34
Gl. V.	0,18	0,18	0,18
Summe	99,89	100,25	100,09

Die spezifische Gewichtsbestimmung ergab 2,709 $\pm$ 0,003 bei 18° C.

Die Berechnungsweise der Albit-, Anorthit- und Mikroklin-Gehalte zeigt die Tabelle 30.

Tabelle 30.

I.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	82,09	32,40	51,54	2,04	85,98	+ 3,89
Al_2O_3	31,12	5,40	25,77	0,34	31,51	+ 0,39
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	25,77	—	25,77	—	25,77	—
Na_2O	5,40	5,40	—	—	5,40	—
K_2O	0,34	—	—	0,34	0,34	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	144,72	43,20	103,08	2,72	149,00	+ 4,28

II.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	82,62	33,48	51,72	2,22	87,42	+ 4,80
Al_2O_3	31,13	5,58	25,86	0,37	31,81	+ 0,68
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	25,86	—	25,86	—	25,86	—
Na_2O	5,58	5,58	—	—	5,58	—
K_2O	0,37	—	—	0,37	0,37	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	145,56	44,64	103,44	2,96	151,04	+ 5,48

[10]) Von der Firma Dr. F. Krantz, Bonn, angekauft.

III.	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	82,35	33,00	51,64	2,16	86,80	+ 4,45
Al_2O_3	31,13	5,50	25,82	0,36	31,68	+ 0,55
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
CaO	25,82	—	25,82	—	25,82	—
Na_2O	5,50	5,50	—	—	5,50	—
K_2O	0,36	—	—	0,36	0,36	—
Gl. V.	—	—	—	—	—	—
Summe	145,16	44,00	103,28	2,88	150,16	+ 5,00

Nach Umrechnung ergeben sich die in Tabelle 31 angeführten Molekularverhältnisse.

Tabelle 31.

	Ab	An	Mi
I	28,99	69,18	1,83
II	29,55	68,49	1,96
III	29,30	68,78	1,92

Nach Meen's Untersuchungen konnte dieser basische Plagioklas als Bytownit bezeichnet werden, während die oben angegebenen Analysenwerte ihn als Labradorbytownit charakterisieren. Die Werte von V. B. Meen (17) und ihre Umrechnung seien zum Vergleich in Tabelle 32 angegeben:

Tabelle 32.

	G.-%	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	49,14	81,82	27,30	54,70	0,18	82,18	+ 0,36
Al_2O_3	32,72	32,10	4,55	27,35	0,03	31,93	— 0,17
CaO	15,34	27,35	—	27,35	—	27,35	—
Na_2O	2,82	4,55	4,55	—	—	4,55	—
K_2O	0,03	0,03	—	—	0,03	0,03	—
H_2O	0,21	—	—	—	—	—	—
Summe	100,26	145,85	36,40	109,40	0,24	146,04	— 0,19

Spezifisches Gewicht 2,719 ± 0,005.

Die Molekularwerte dieser Analyse sind: $Ab_{24,93}An_{74,91}Mi_{0,16}$.

Wegen der fast fehlenden Spaltbarkeit des Labradorbytownits nach M konnte in den beiden Dickschliffen nur der Winkel Σ : P gemessen werden. Die h-Koordinate für M wurde daher mit dem Universaldrehtisch ermittelt. Die gemessenen Schlifflagen für die untersuchten Dünnschliffe I und II sind folgende:

Schliff I : Σ : P = 96° 5'
Schliff II: Σ : P = 82° 40'.

In der Tabelle 33 sind die ermittelten Werte der orientierten Schliffe ⊥ PM eingetragen.

Tabelle 33.

	n_α [11])		n_β		n_γ	
	n	h	n	h	n	h
I	30° 42'	50° 56'	207° 00'	39° 00'	298° 30'	2° 00'
II	109° 2'	50° 28'	286° 30'	39° 30'	17° 30'	1° 12'

	P	M		A	B	2 V
	n	n	h	k'	k	
I	71° 30'	158° 00'	3° 00'	319° 30'	44° 30' [12])	— 85° 00'
II	243° 30'	337° 30'	0° 00'	— [13])	—	—

Die Werte nach der Drehung der Projektion, die mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie durchgeführt wurde, bringt die Tabelle 34 (III gibt die Mittelwerte):

Tabelle 34.

[001] im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	z	r	z	r	z	r
I	222° 10'	34° 42'	119° 25'	81° 18'	23° 41'	56° 45'
II	221° 31'	34° 17'	118° 46'	81° 29'	23° 23'	57° 14'
III	221° 50'	34° 30'	119° 5'	81° 24'	23° 32'	57° 00'

(010) im Mittelpunkt des Stereogramms

	λ	φ	λ	φ	λ	φ
I	+ 24° 56'	— 24° 58'	— 80° 3'	— 29° 3'	— 31° 30'	+ 49° 59'
II	+ 24° 19'	— 24° 57'	— 80° 19'	— 28° 26'	— 31° 37'	+ 50° 32'
III	+ 24° 37'	— 24° 58'	— 80° 11'	— 28° 45'	— 31° 33'	+ 50° 15'

Auf Grund der Reinhardschen Projektion (21) sprechen die Ergebnisse der optischen Messungen für einen Anorthit-Gehalt von 72%; die Analysenwerte ergeben einen solchen von 69%. In Bezug auf das Reinhardsche Stereogramm (21) fällt der Projektionspol von n_γ auf die entsprechende Migrationskurve, n_α weicht etwas nach links ab, n_β wenig stärker nach rechts (Tafel 1). Gegenüber der Beckeschen Tafel (1) weichen die n_α-, n_β- und n_γ-Lagen geringfügig von den entsprechenden Kurven ab.

Die Koordinaten der optischen Achsen A und B für Schliff I nach der Drehung, die auf graphischem Wege durchgeführt wurde, sind folgende:

A-Achse		B-Achse	
z	r	z	r
210,5°	76,8°	345,5°	13,0°

[11]) Berechnete Werte.
[12]) Konstruierter Wert; die B-Achse konnte nicht eingemessen werden.
[13]) Beide Achsen konnten nicht eingestellt werden.

Beide Achsen liegen in Bezug auf die Reinhardschen Migrationskurven (21) wenig links außerhalb (Tafel 1).

Die Messungen der Auslöschungsschiefen auf P (001) und M (010) ergaben folgende Werte:

P	M
—19° 25' (19°)	—30° 40' (30°)

Zum Vergleich sind die Auslöschungsschiefen nach V. B. Meen (17) in Klammern beigefügt (Abbildung 6, S. 35).

7. *Anorthit vom Vesuv*[14]).

(Monte Somma)

Die chemischen und optischen Eigenschaften des Anorthits vom Vesuv sind schon vielfach untersucht worden. Die bisherigen Ergebnisse weichen stark untereinander ab, so daß es erforderlich war, die Stellung dieses basischen Plagioklasendgliedes durch neue Untersuchungen festzulegen.

Die Analysenwerte und ihre Umrechnung bringt die Tabelle 35. Aus Mangel an einwandfreiem Untersuchungsmaterial, das nur aus ganz klaren, durchsichtigen Anorthit-Kristallen bestehen sollte, konnte keine Kontrollanalyse angefertigt werden.

Tabelle 35.

	G.-%	M.—Q. × 100	Ab	An	Mi	Σ	$\Delta_{\Sigma-M}$
SiO_2	43,32	72,13	4,74	68,90	1,92	75,56	+ 3,43
Al_2O_3	35,89	35,21	0,79	34,45	0,32	35,56	+ 0,35
Fe_2O_3	0,21	—	—	—	—	—	—
CaO	19,32	34,45	—	34,45	—	34,45	—
MgO	0,66	—	—	—	—	—	—
Na_2O	0,49	0,79	0,79	—	—	0,79	—
K_2O	0,30	0,32	—	—	0,32	0,32	—
Summe	100,19	142,90	6,32	137,80	2,56	146,68	+ 3,78

Spezifisches Gewicht 2,766 ± 0,003 (18° C).

Das Molekularverhältnis aus dieser Analyse, auf 100 umgerechnet, entspricht: $Ab_{4,31}\ An_{93,95}\ Mi_{1,74}$.

Die nach der gleichen Art umgerechneten Analysen von H. Abich (I-III), G. Tschermak (IV) und E. Rost-Hoffmann (V-VII) ergeben die in der Tabelle 36 angeführten Werte, wobei das Ergebnis der neuen Analyse (VIII) zum Vergleich mit angegeben worden ist. Unter $\Delta_{\Sigma-M}$ ist der Mangel (—) bzw. Überschuß (+) an SiO_2 und Al_2O_3 gegenüber den analytisch erhaltenen Alkali- und Erdalkaliwerten ersichtlich.

[14]) Aus der Sammlung des Mineralogisch-Petrographischen Instituts der Universität Bonn.

Tabelle 36.

	Ab	An	Mi	$\Delta \Sigma - M$ SiO_2	$\Delta \Sigma - M$ Al_2O_3	Literatur
I	—	94,54	5,46	— 4,87	— 0,05	H. Abich, Pogg. Ann. 50. 1870. 353.
II	2,49	95,98	1,53	— 1,36	+ 0,18	H. Abich, Pogg. Ann. 51. 1870. 522.
III	5,93	91,00	3,07	+ 4,63	+ 0,61	H. Abich, Pogg. Ann. 51. 1870. 522.
IV	2,67	97,33	—	+ 3,26	+ 1,85	G. Tschermak, Sitzb. Ak. d. Wiss. Wien, 112. 1903, 1—20.
V	3,44	94,28	2,28	+ 5,53	+ 2,15	J. Kratzert, Ztschr. f. Krist. 56. 1921. 487.
VI	3,26	94,91	1,83	+ 4,48	+ 1,68	J. Kratzert, Ztschr. f. Krist. 56. 1921. 487.
VII	3,35	94,62	2,03	+ 4,98	+ 1,91	Mittel aus den Analysen V und VI.
VIII	4,31	93,95	1,74	+ 3,43	+ 0,35	A. Engels nach der Analyse von S. 31.

Aus dieser Zusammenstellung der bisherigen Analysenergebnisse ersieht man, ein wie weites Streuungsfeld der chemischen Zusammensetzung diesem basischen Endglied der Plagioklasreihe zukommt.

Der Mangel an geeignetem Untersuchungsmaterial gestattete auch nur die Herstellung von einem orientierten Dünnschliff, dessen gemessene Schlifflagen folgende Werte hatten:

$$\Sigma : P = 90° 17' \qquad \Sigma : M = 92° 40'.$$

Die Messungen mit dem Universaldrehtisch ergaben die Werte der Tabelle 37. Es wurden zwei verschiedene Stellen des Dünnschliffes eingemessen, deren Daten unter a und b der Tabelle angeführt sind. Die optische Symmetrieachse $n\beta$ konnte nicht eingemessen werden, somit war es auch unmöglich, die Lage der optischen Achsen festzustellen.

Tabelle 37.

	$n\alpha$		$n\beta$ [15])		$n\gamma$		P	M
	n	h	n	h	n	h	n	n
a	220° 48'	33° 6'	26° 17'	56° 2'	126° 00'	6° 30'	86° 30'	352° 30'
b	189° 00'	33° 12'	354° 7'	55° 54'	94° 30'	7° 00'	55° 00'	321° 00'

Die Ergebnisse der Umrechnung, wie sie am Beispiel des Albits von Rischuna (S. 9) durchgeführt wurden, bringt die Tabelle 38 (unter c sind die Mittelwerte angegeben).

[15]) Berechnete Werte!

Tabelle 38.

[001] im Mittelpunkt des Stereogramms

	n_α		n_β		n_γ	
	z	r	z	r	z	r
a	198° 23'	37° 49'	295° 16'	84° 32'	29° 28'	52° 15'
b	198° 31'	38° 4'	295° 59'	84° 40'	29° 58'	52° 35'
c	198° 27'	37°56'	295° 38'	84° 36'	29° 43'	52° 25'

(010) im Mittelpunkt des Stereogramms

	λ	φ	λ	φ	λ	φ
a	+ 13° 45'	— 35° 35'	+ 84° 5'	+ 25° 9'	— 32° 26'	+ 43° 31'
b	+ 13° 58'	— 35° 47'	+ 84° 6'	+ 25° 17'	— 33° 8'	+ 43° 29'
c	+ 13° 52'	— 35° 41'	+ 84° 5'	+ 25° 13'	— 32° 47'	+ 43° 30'

Nach der Reinhardschen Projektion (21, Tafel 1) ergibt sich für die optischen Messungen ein Anorthit-Gehalt von 97%; die chemische Untersuchung spricht für einen solchen von 94%. Die optischen Symmetrieachsen weichen im Vergleich mit dem Reinhardschen Stereogramm (21) geringfügig ab (Tafel 1). In Bezug auf die Beckesche Tafel (1) fallen die festgelegten n_α-, n_β- und n_γ-Lagen auf die entsprechenden Kurven.

In der Arbeit von J. Kratzert „Die kristallographischen und optischen Konstanten des Anorthits vom Vesuv" (15, S. 486) sind auch die λ- und φ-Werte von n_α und n_γ für den Anorthit vom Vesuv veröffentlicht. Die Mittelwerte seiner Messungen, die nach der von E. A. Wülfing (25) angegebenen Methode bestimmt wurden, seien hier in Vergleich zu den vorstehenden Ergebnissen gesetzt:

Autor	n_α		n_γ	
	λ	φ	λ	φ
Kratzert	+ 12,9°	— 36,0°	— 33,2°	+ 43,6°
Engels	+ 13,9°	— 35,7°	— 32,8°	+ 43,5°

Wie ersichtlich, ist die Übereinstimmung trotz der ganz verschiedenen Methoden gut.

J. Kratzert (15, S. 486) gibt als Mittelwerte der Achsenpositionen nachstehende Werte an:

A-Achse		B-Achse		2 V
λ	φ	λ	φ	
+ 58,4°	— 62,9°	— 6,1°	— 1,7°	— 78° 19'

Nach Einzeichnung dieser Werte in die stereographische Projektion der hier angeführten Meßergebnisse weichen beide Achsen geringfügig von

der optischen Achsenebene nach der gleichen Richtung hin ab.

Nach K. Chudoba (5, S. 180) sind die Auslöschungsschiefen des Anorthits vom Vesuv (Abbildung 6, S. 35):

P	M
— 40° 50'	— 37° 15'.

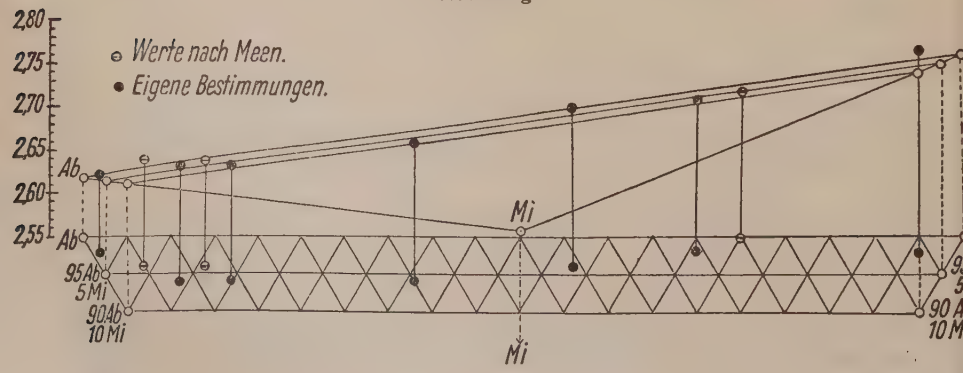
Über die Ergebnisse der chemischen Untersuchung der sieben Plagioklase orientiert die Tabelle 39, die eine Zusammenstellung der Mittelwerte der jeweiligen Analysen und der spezifischen Gewichte gibt. Diese Werte sind in der nachstehenden Abbildung 5 zur graphischen Darstellung gebracht, in der zum Vergleich auch die von K. Chudoba (10) angegebenen theoretischen Dichten für kalifeldspatfreie Plagioklase und für solche mit 5 bzw. 10% Mi-Gehalt angeführt sind.

Tabelle 39.

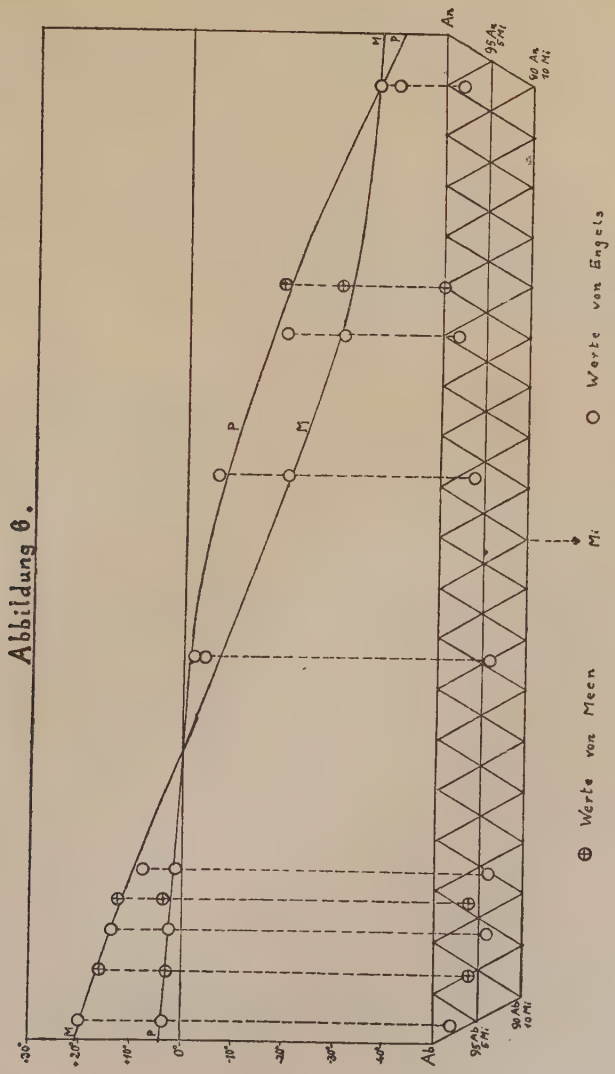
Mineral	Ab	An	Mi	Spez. Gewicht
Albit, Rischuna	96,94	1,23	1,83	2,620 ± 0,001
Albitoligoklas, Monteagle Township	86,32	7,42	6,26	2,629 ± 0,002
Oligoklas, Monteagle Valley	79,63	14,10	6,27	2,630 ± 0,003
Andesin, Shinano	58,77	35,34	5,89	2,660 ± 0,002
Labrador, Tamatave	41,66	53,85	4,49	2,699 ± 0,002
Labradorbytownit, Crystal Bay	29,30	68,78	1,92	2,709 ± 0,003
Anorthit, Vesuv	4,31	93,95	1,74	2,766 ± 0,003

Die Mittelwerte der optischen Ergebnisse sind für die Symmetrieachsen n_α, n_β und n_γ der Indikatrix und für die optischen Achsen A und

Abbildung 5



B in einem Stereogramm mit [001] im Mittelpunkte (vgl. Tafel 1 am Schluß der Arbeit) zusammengefaßt. In dieser sind die Reinhardschen Migrationskurven (21, Tafel 1) eingezeichnet, wobei nicht die von M.



Reinhard als Grundlage genommenen Anorthit-Anteile auf diesen Kurven eingetragen wurden, sondern diejenigen, welche nach Interpolation den hier chemisch untersuchten Plagioklasen zukommen.

Zusammengestellt sind hier weiter die Ermittlungen der Auslöschungsschiefen auf den P (001)- und M (010)-Flächen (s. vorstehende Abbildung 6). (Die eingezeichneten Kurven entsprechen denjenigen von L. Duparc und M. Reinhard (11, S. 23).)

Die Ergebnisse dieser tabellarischen und graphischen Zusammenfassungen werden im folgenden Abschnitt erörtert.

III. ERÖRTERUNG DER MESSERGEBNISSE.

Bevor auf die Erörterung der chemischen und optischen Ergebnisse eingegangen wird, ist es notwendig, auf die orientierten Stereogramme und ihre Migrationskurven einzugehen, die zur optischen Erfassung des Anorthitgehaltes der untersuchten Plagioklase zur Verwendung kamen. Das Ergebnis der optischen Plagioklasbestimmungen nach der Fedoroff-Methode hängt nämlich nicht nur von den ausgeführten Messungen ab, sondern auch von der Auswertung der Meßresultate und ganz besonders von der Zuverlässigkeit der Vergleichsstereogramme.

Im wesentlichen wurde hier das Stereogramm der Tafel 1 benutzt, das M. Reinhard (21) in seinem Buche „Universaldrehtischmethoden" angibt. Es ist daher unbedingt erforderlich zu wissen, auf welchen Grundlagen die bis heute vorliegenden Migrationskurven beruhen.

M. Reinhard (21, S. 105) schreibt darüber:

> „Die zur Konstruktion eines Vergleichsstereogramms erforderlichen grundlegenden Daten sind noch dürftig, trotz der großen Arbeit, die in dieser Richtung besonders von F. Becke, E. A. Wülfing und ihren Schülern geleistet worden ist. Die optische Orientierung einer ganzen Reihe von Plagioklasen ist wohl mit wünschenswerter Genauigkeit bekannt; leider fehlt es aber an der entsprechend genauen Kenntnis der chemischen Zusammensetzung dieser Plagioklastypen. Die Angaben beruhen teilweise auf Analysen, die vor 50 und mehr Jahren ausgeführt worden sind. Eine Bestimmung des Kaligehaltes ist oft überhaupt nicht oder nur durch Differenz erfolgt."

An einer andern Stelle sagt er (21, S. 106):

> „Die meisten Analysen weisen nicht einmal den Genauigkeitsgrad einer Gesteinsanalyse auf, den Anforderungen einer Mineralanalyse werden nur wenige gerecht. Der Forderung, daß chemische und optische Analysen an demselben Material ausgeführt werden müssen, entsprechen nur wenige Untersuchungen. Häufig werden die an verschiedenem Material gefundenen Werte gemittelt; ein solches Verfahren ist unstatthaft. Die meisten Analysen weisen einen mehr oder minder beträchtlichen Kaligehalt auf, einige nicht; er ist aber auch dort zu vermuten, er wurde einfach nicht bestimmt."

M. Reinhard (21, S. 105) führt daher sehr treffend aus:

> „Damit wir die chemische Zusammensetzung eines Minerals aus seiner Optik ableiten können, müssen die Beziehungen zwischen beiden genau bekannt sein. Dies ist bei den Plagioklasen noch nicht der

Fall. Bei den optischen Bestimmungsmethoden spricht man plötzlich nur noch von einer binären Mischungsreihe, die dritte Komponente, den Kalifeldspat, läßt man außer Betracht, weil man ihren Einfluß auf die Optik noch nicht kennt. Einstweilen sind wir also außerstande, die genaue chemische Zusammensetzung aus den optischen Verhältnissen abzuleiten, weil es uns an der erforderlichen Kenntnis der Zusammenhänge fehlt. Aus dem Umstand, daß ein Pol etwas abseits von einer Kurve des Vergleichsstereogramms fällt, dürfen wir nicht schließen, daß der Plagioklas kaliführend ist, und die Übereinstimmung mit einer Kurve darf andererseits nicht als Gewähr dafür angesehen werden, daß kein Kaligehalt vorhanden ist."

Diese Darlegungen lassen deutlich erkennen, daß bereits M. Reinhard den von ihm veröffentlichten Stereogrammen nur eine beschränkte Zuverlässigkeit und Genauigkeit einräumt. Auf diesen Grundlagen mußten aber die hier folgenden Erörterungen der neuen chemischen und optischen Untersuchungen der Plagioklase vorgenommen werden.

Die chemischen Analysen ergaben, daß von den sieben untersuchten Plagioklasen vier Mischungsglieder (Tab. 39, S. 34) einen nicht unbedeutenden Mikroklin-Gehalt besitzen, der bei den Oligoklasen zahlenmäßig über 6% Mi hinausging. Es war demnach zu erwarten, daß gerade diesen Plagioklasen eine optische Orientierung zukommen dürfte, welche den Symmetrieachsen eine Lage zuordnet, die von den kalifeldspatfreien Gliedern in irgendeiner Form deutlich abweicht.

Als Ergebnis muß aber festgestellt werden, daß die in Betracht kommenden Plagioklasmischungsglieder ihre optische Orientierung scheinbar durchaus in Übereinstimmung mit den Migrationskurven Reinhards besitzen, wenn auch Abweichungen verschiedener Art beobachtbar sind. Von letzteren ist besonders darauf hinzuweisen, daß die optischen Einmessungen jeweils zu Mischungsgliedern führen, die anorthitreicher sind als den chemisch ermittelten Werten zukommt. Die Tafel 1 veranschaulicht deutlich, daß für alle Symmetrieachsen diese Feststellung gilt. Nach den optischen Vermessungen läßt sich hieraus aber leider nicht folgern, daß den kalifeldspatreicheren Plagioklasen allein diese Beobachtung zugeordnet werden kann, sondern auch die Mi-ärmeren Mischungsglieder, z. B. der Albit von Rischuna und der Labradorbytownit von Crystal Bay, zeigen dieses optische Verhalten. Wesentlich bleibt jedoch die Tatsache, daß die Indikatrixachsen auf die Migrationskurven oder in unmittelbarer Nähe derselben zu liegen kommen, daß sie demnach im Streuungsbereich der Kurvensysteme ihre Lage besitzen. Der Rückschluß, die kalihaltigen Plagioklase würden sich bei Einmessungen mit Hilfe des Universaldrehtisches und Erfassung der Zusammensetzung unter Zugrundelegung der Stereogramme erkennen lassen, besteht nicht zu recht.

Eine Übereinstimmung zwischen chemischen und optischen Daten wird auch dann nicht erzielt, wenn man für die bisherigen Migrationskurven,

die nur den Anorthit- und nicht auch den Mikroklin-Gehalt besonders berücksichtigt haben, den Mi-Anteil zum An-Gehalt zuzählt (Tabelle 40). Nur bei den An-reicheren Mischungsgliedern ist eine ungefähre Überein-

Tabelle 40.

Mineral	An-Gehalt auf Grund der optischen Messungen (nach Reinhard interpoliert)	An-Gehalt auf Grund der chemischen Analysen	An- u. Mi-Geh. auf Grund der chemischen Analysen
Albit, Rischuna	4%	1,23%	3,06%
Albitoligoklas, Monteagle Township	9%	7,42%	13,68%
Oligoklas, Monteagle Valley	16%	14,10%	20,37%
Andesin, Shinano	38%	35,34%	41,23%
Labrador, Tamatave	55%	53,85%	58,34%
Labradorbytownit, Crystal Bay	72%	68,78%	70,70%
Anorthit, Vesuv	97%	93,95%	95,69%

stimmung zu erzielen, die jedoch auch noch zu einem größeren An-Anteil führt als es den chemischen Analysen entspricht. Man ist geneigt anzunehmen, daß die vorliegenden Migrationskurven an sich schon Plagioklasen mit einem durchschnittlichen Gehalt von 3 ± 1% Mi entsprechen.

Das ist nach den einleitenden Ausführungen dieses Abschnittes leicht verständlich, denn zur Konstruktion der bis heute vorliegenden Vergleichsstereogramme wurden eben mehr oder weniger mikroklinhaltige Plagioklase verwandt, so daß eigentlich bis heute noch keine Möglichkeit besteht, zwischen kalihaltigen und kalifreien Plagioklasen Unterschiede in der optischen Orientierung einwandfrei festzustellen.

Es geht leider nicht an, mit den wenigen vorhandenen Mi-reicheren und -ärmeren Plagioklasmischungsgliedern neue Migrationskurven zu konstruieren; diese Aufgabe bleibt weiterhin bestehen und ist erst nach Kenntnis zahlreicher, chemisch und optisch eindeutig festgelegter Plagioklase lösbar. Man wird schließlich, wie M. Reinhard (21, S. 108) ausführt, „nicht eine Migrationskurve erhalten, sondern eine ganze Reihe mehr oder weniger parallel verlaufender Kurven, von denen jede einem bestimmten Prozentgehalt an Kalifeldspat entsprechen würde." Dann wäre auch das Endziel erreicht, die genaue chemische Zusammensetzung eines Plagioklases auf ternärer Grundlage aus seiner optischen Orientierung abzuleiten; von diesem Ziel sind wir aber leider noch weit entfernt.

Nach den dargelegten Ergebnissen für die optische Orientierung wäre von Interesse, den Einfluß des Kaligehaltes noch auf die Auslöschungsschiefen zu erörtern. In der Abbildung 6 (S. 35) sind die Werte für die Auslöschungsschiefen auf den Flächen P (001) und M (010) zur Ein-

tragung gekommen, wobei als Basis die ternäre Zusammensetzung der Plagioklase genommen wurde; hierbei kamen nicht nur die eigenen Einmessungen zur Darstellung, sondern auch die von V. B. Meen (17). Auch aus diesen wenigen Daten läßt sich keine eindeutige Ableitung über den Einfluß der Kalikomponente geben, denn die gemessenen Werte der Auslöschungsschiefen sowohl kalireicherer als auch kaliärmerer Plagioklase liegen auf und außerhalb der eingezeichneten Kurven (Abb. 6). Möglicherweise ist der Kaligehalt zu gering, um die Abweichung, wie sie K. Chudoba (9) für 10 und 20% Mi-Gehalt errechnet hat, hervortreten zu lassen.

Auch die spezifischen Gewichte, die in der Abbildung 5 (S. 34) mit den chemischen Zusammensetzungen der Plagioklase zur Eintragung gekommen sind, lassen keine eindeutigen Rückschlüsse zur Bestimmung kalifeldspathaltiger Mischungsglieder zu. Im Vergleich mit den theoretischen Werten nach K. Chudoba (10) liegen einige Dichten in den ihnen entsprechenden theoretischen Bereichen, andere fallen aus diesen heraus. Ursachen dieser Abweichungen dürften die beobachtbaren Inhomogenitäten, Einschlüsse, Hohlräume usw. bei den untersuchten Plagioklasen sein.

Nach allen diesen Ausführungen scheinen die von M. Reinhard (21) geäußerten Ansichten zu Recht zu bestehen; er glaubt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit annehmen zu dürfen, daß durch die Einlagerung von Kalifeldspat-Molekülen in das Plagioklasgerüst die Lage der Indikatrix nur wenig beeinflußt wird, daß hingegen die Dimensionen derselben infolge der Lockerung und Aufweitung des Gitters stärker in Mitleidenschaft gezogen werden, und daß deshalb die Größe des Achsenwinkels bei gleichem Anorthit- aber verschiedenem Mikroklin-Gehalt erheblichen Schwankungen unterworfen sein dürfte. S. v. Bubnoff (3, S. 15 u. 16) bemerkt auch in seinem Buche, daß der Kaligehalt Anomalien der Achsenwinkel gegenüber den normalen Werten bewirkt.

Genauere Beobachtungen in dieser Richtung konnten infolge der unzuverlässigen Einstellung der Achsen A und B mit dem U.-Tisch hier nicht gemacht werden. Bei den meisten Plagioklasen, die in der vorliegenden Arbeit zur Untersuchung vorlagen, wichen die Projektionspole der Achsen gegenüber denjenigen des Reinhardschen Stereogramms ab, trotzdem, wie schon dargelegt, die Pole der Symmetrieachsen (n_α, n_β und n_γ) im wesentlichen auf die entsprechenden Migrationskurven fielen. Diese Abweichungen für die optischen Achsen sind erklärlich, denn die Einmessung der optischen Achsen mit Hilfe des U.-Tisches ist ungenau und schwierig, während die Festlegung der Symmetrieachsen wesentlich zuverlässiger ist.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen taucht die berechtigte Frage auf, ob ein verhältnismäßig so geringer Kaligehalt, wie ihn die meisten Plagioklase aufweisen (meist weniger als 10% Mi), mit unseren gegenwärtigen optischen Bestimmungsmethoden überhaupt festgestellt werden kann. Selbst die Fedoroff-Methode, die allen anderen

Bestimmungsmethoden überlegen ist, besitzt nicht die erforderliche Meßgenauigkeit, um vielleicht einen so geringen Kaligehalt optisch zu ermitteln.

Noch eine große Schwierigkeit kommt zur Lösung dieses Problems hinzu: es ist die Materialfrage. Wer nämlich Plagioklasbestimmungen durchgeführt hat, weiß, wie außerordentlich schwierig es ist, homogenes und einschlußfreies Untersuchungsmaterial in hinreichender Menge zu beschaffen. Außerdem liegen sehr selten kalifreie Plagioklasglieder einerseits und solche mit erheblichem Kaligehalt andererseits vor, um einen diesbezüglichen Vergleich auf einer Basis großen Unterschiedes vornehmen zu können. Vielleicht gelingt es einmal, das erforderliche Untersuchungsmaterial synthetisch herzustellen und die angeschnittenen Fragen einer Lösung zuzuführen; gegenwärtig stößt aber die Synthese der verschiedenen Plagioklasmischungsglieder noch auf erhebliche Schwierigkeiten.

IV. ZUSAMMENFASSUNG.

Vorliegende Arbeit sollte die Zusammenhänge zwischen Chemismus und Optik der Plagioklase auf ternärer Grundlage veranschaulichen. Da bisher die Plagioklase als Mischungsreihe zweier Endglieder Albit und Anorthit aufgefaßt wurden, und die optische Orientierung für die einzelnen Glieder dieser isomorphen Reihe annähernd bekannt ist, handelte es sich im wesentlichen darum, den Einfluß der Mikroklinkomponente auf die Optik der Plagioklase festzustellen. Zu diesem Zweck kamen chemische und optische Untersuchungen an sieben verschiedenen Plagioklasen zur Durchführung, wobei für die Analysen und Dünnschliffbestimmungen das gleiche Material verwandt wurde. Die Endglieder Albit und Anorthit und fünf Mischungsglieder, von denen vier durch einen verhältnismäßig hohen Kaligehalt (um 5% Mi) ausgezeichnet waren, lagen zur Untersuchung vor. Die chemische Zusammensetzung dieser Plagioklase ist in ihren Mittelwerten aus der Tabelle 39 (S. 34) ersichtlich sowie aus der Abb. 5 (S. 34), in der die zugehörigen spezifischen Gewichte zur graphischen Darstellung gebracht sind.

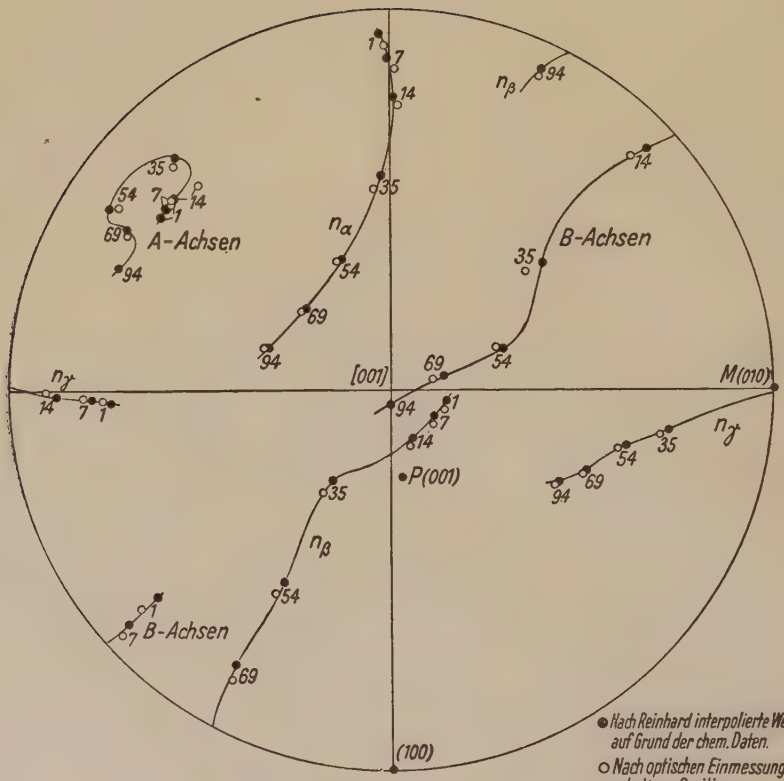
Die Ermittlung der Optik, der Symmetrieachsen der Indikatrix, fußte auf der Reinhardschen Methode, wobei als Untersuchungsmaterial orientierte Dünnschliffe von verschiedenen Plagioklasgliedern zur Verwendung kamen. Um die Genauigkeit der optischen Orientierung zu erhöhen, wurden die eingemessenen Daten nicht nur graphisch, sondern auch rechnerisch ausgewertet, sowohl zur Ermittlung nicht einmeßbarer Konstanten als auch zur notwendigen Drehung der eingemessenen Werte in die Stellung der vorhandenen Vergleichsstereogramme. Über den rechnerischen Gang orientiert das Messungsbeispiel des Albits von Rischuna (S. 8).

Die auf Grund der Migrationskurven ermittelten Anorthitgehalte stimmen nach Tafel 1 (am Schluß der Arbeit) nur bedingt überein. Man be-

obachtet wohl die Lage der Symmetrieachsen auf den Migrationskurven (oder in unmittelbarer Nähe), jedoch liegen die Positionslagen für alle untersuchten Plagioklase jeweils gegen den An-reicheren Teil der Migrationskurve verschoben. Aus dem Vergleich zwischen Chemismus und Optik der kalifeldspatreicheren und Mi-ärmeren Glieder ergab sich, daß auf Grund der heutigen Kenntnisse der geringe Kaligehalt der untersuchten Plagioklase die Gesamtoptik innerhalb der Fehlerquellen nicht beeinflußt. Es mag dies zurückzuführen sein einerseits auf die Grundlage der Vergleichsstereogramme, die sich auf Plagioklase mit und ohne Kalifeldspatgehalt stützen, andererseits auf den Mangel einer genauen Meßmethode, welche eine eindeutige Lage der Indikatrix festzulegen gestattet. Nicht zuletzt auch dadurch, daß die statistische Zahl der in dieser Richtung unternommenen Untersuchungen zu gering ist, um eine eindeutige Entscheidung zu fällen. Die theoretisch ableitbaren Auslöschungsschiefen auf P (001) und M (010) auf Grund des Kalifeldspatgehaltes, wie dies K. Chudoba (9) für Plagioklase mit 10 und 20% Mikroklin-Gehalt errechnet hat, läßt sich in der Gesamtwirkung auf die Optik der Plagioklase nicht festhalten, da die untersuchten und bekannten Plagioklase um 5% Mikroklin besitzen (Abb. 6, S. 35).

Der Versuch, aus der Optik eingemessener Plagioklase den Rückschluß auf den Kaligehalt eines Plagioklases zu ziehen, bleibt auf Grund vorliegender Abhandlung der Zukunft vorenthalten, und man wird sich wie bisher auf den Gehalt des Anorthits im Verhältnis zum Alkaligehalt (Ab + Mi) beschränken müssen.

Die beobachtbaren Abweichungen der optischen Achsen gegenüber den auf konoskopischem Wege ermittelten läßt sich zur Auswertung des Kaligehaltes noch nicht verwenden, da diesbezügliche Gesetzmäßigkeiten noch nicht erkannt sind, und die Einmessung der optischen Achsen mit dem Universaldrehtisch nur zu ungenauen Werten führt. Es scheint sich die Reinhardsche Ansicht zu bestätigen, daß der Kaligehalt bei Plagioklasen weniger eine kontinuierliche Änderung der optischen Orientierung bedingt, als daß er vielmehr Lockerung und Aufweitung des Gitters der Plagioklase zur Folge hat.


A-Achsen
B-Achsen
B-Achsen
P(001)
[001]
M(010)
(100)
n_α
n_β
n_γ
n_β
n_γ
● Nach Reinhard interpolierte Werte auf Grund der chem. Daten.
○ Nach optischen Einmessungen erhaltene Positionen.

Tafel 1.

V. SCHRIFTTUMVERZEICHNIS.

1. Becke, F.: Die optischen Eigenschaften der Plagioklase. (T. M. P. M 25. 1906. 1—42.)
2. — Die optischen Eigenschaften einiger Andesine. (T. M. P. M. 35. 1921. 31—46.)
3. Bubnoff, S. v.: Der Werdegang einer Eruptivmasse, geologisch-petrographische Analyse der Intrusionstektonik im Schwarzwalde. (Fortschr. d. Geol. u. Paläontologie 7. H. 20. 1928.)
4. Chudoba, K.: Die optische Orientierung des Albits von Rischuna, Schweiz. (T. M. P. M. 38. 1925. 88—99.)
5. — Die Dispersion der Plagioklase. Albit und Anorthit. (Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Kl. Abt. 1. 134, 1925. 159—188.)
6. — Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung. (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Erwin Nägele) G. m. b. H., Stuttgart 1932.)
7. — und J. Jakob: Über den Labrador von Tamatave, Madagaskar. (Zbl. Min. A. 1933. 1—9.)
8. — und F. David: Der Einfluß der Kalifeldspatkomponente auf die Optik der Plagioklase. I. Die Mallard'sche Formel und ihre Umformung auf drei Komponenten. (N. Jb. Min. Beil. Bd. 67. A. 1933. 196—216.)
9. Chudoba, K.: Der Einfluß der Kalikomponente auf die Auslöschungsschiefe der Flächen P (001) und M (010) der Plagioklase. (Fortschr. d. Min. 18. 1934. 13—15.)
10. — Dichte und chemische Zusammensetzung der Plagioklase auf ternärer Grundlage. (Zbl. Min. A. 1936. 1—8.)
11. Duparc, L. et M. Reinhard: La détermination des plagioclases dans les coupes minces. (Soc. Phys. et Hist. nat. Génève. Vol. 40. Fasc. I. 1924.)
12. Fischer, H.: Über die optischen Eigenschaften des Albits. (Ztschr. Krist. 61. 1924. 226—249.)
13. Hillebrand, W. F.: Analyse der Silikat- und Karbonatgesteine. (Deutsche Ausgabe unter Mitwirkung des Verfassers übersetzt und besorgt von E. Wilke-Dörfurt, Lpz. 1910.)
14. Jakob, J.: Anleitung zur chemischen Gesteinsanalyse. (Verl. Gebr. Bornträger, Berlin 1928.)
15. Kratzert, J.: Die kristallographischen und optischen Konstanten des Anorthits vom Vesuv. (Ztschr. Krist. 56. 1921. 465—488.)
16. Mallard, E.: Sur l'isomorphisme des feldspaths tricliniques. (Bull. Soc. Min. fr. 4. 1881. 96—111.)
17. Meen, V. B.: A description of a few plagioclases. (Univ. of Toronto Studies. Geol. Ser. Contr. to Canad. Min. 35. 1933. 37—45. Ref. N. Jb. Min. 1934. I. 350.)
18. Michel-Levy, A.: Recherche des axes optiques dans un minéral pouvant être considéré comme un mélange de deux minéraux déterminés. (Bull. Soc. Min. fr. 18, 1895. 79—94.)
19. Philipsborn, H. v.: Tabellen zur Berechnung von Mineral- und Gesteinsanalysen. (Ak. Verlagsges. m. b. H., Lpz. 1933.)

20. Pockels, F.: Über die Berechnung der optischen Eigenschaften isomorpher Mischungen aus denjenigen der gemischten reinen Substanzen. (N. Jb. Min. Beil. Bd. 8. 1893. 117—179.)
21. Reinhard, M.: Universaldrehtischmethoden. (Verl. B. Wepf, Basel 1931.)
22. Schmidt, E.: Die Winkel der kristallographischen Achsen der Plagioklase. (Chemie der Erde, Bd. 1. 1915. 351—406.)
23. Schuster, M.: Über die optische Orientierung der Plagioklase. (T. M. P. M. 3. 1880. 117—294.)
24. Treadwell, F. P.: Lehrbuch der analytischen Chemie (Leipzig. Verschiedene Ausgaben.)
25. Tschermak, G.: Chemisch-mineralogische Studien. I. Die Feldspatgruppe. (Sitzber. Wien. Akad. 50. 1865. 566—613.)
26. Wülfing, E. A.: Über eine neue Methode zur Orientierung der Plagioklase. (Ztschr. Krist. 36. 1902. 403—407.)

LEBENSLAUF.

Am 2. August 1909 wurde ich, Agnes Engels, als Tochter des im Jahre 1934 verstorbenen Mittelschulrektors Peter Engels und dessen Ehefrau Margarete geb. Steins zu Düsseldorf geboren. Ich bin katholischen Bekenntnisses und arischer Abstammung. Ostern 1929 erhielt ich das Reifezeugnis der realgymnasialen Studienanstalt zu Düsseldorf. Im Sommersemester 1929 begann ich das Studium der Mathematik und Naturwissenschaften an der Universität zu Freiburg. Anschließend studierte ich zwei Semester in Innsbruck. Von Herbst 1930 bis Ostern 1933 besuchte ich die Universität zu Bonn, wo ich im Wintersemester 1934/35 das Staatsexamen für das Lehramt an höheren Schulen in Chemie, Physik und Mathematik bestand. Die vorliegende Arbeit begann ich im Sommer 1935 im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bonn. Am 19. April 1937 bestand ich in Bonn die mündliche Doktorprüfung.